

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 7 月 14 日 (14.07.2005)

PCT

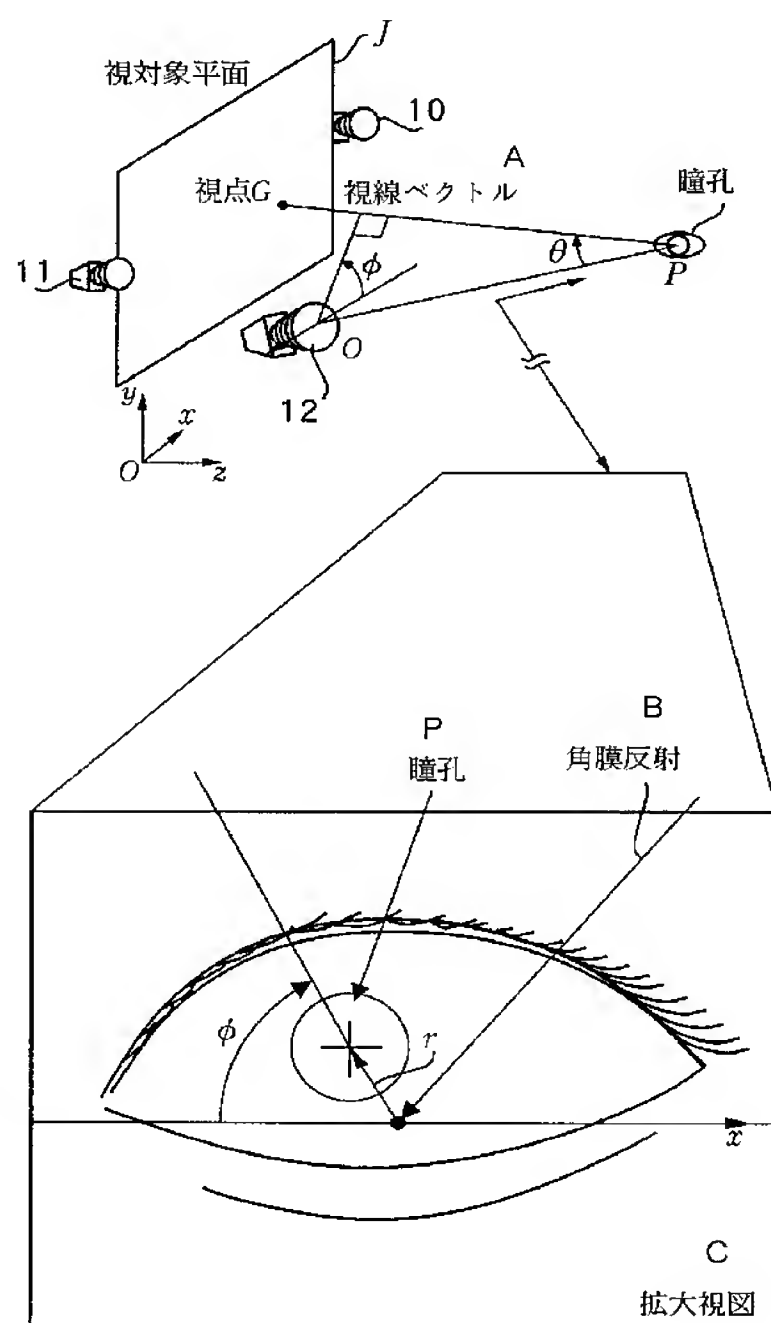
(10) 国際公開番号
WO 2005/063114 A1

- (51) 国際特許分類⁷: A61B 3/113
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/019311
- (22) 国際出願日: 2004 年 12 月 24 日 (24.12.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2003-429344
2003 年 12 月 25 日 (25.12.2003) JP
特願 2004-006359 2004 年 1 月 14 日 (14.01.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人静岡大学 (NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION SHIZUOKA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒4228529 静岡県静岡市大谷 8 3 6 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 海老澤 嘉伸 (EBISAWA, Yoshinobu) [JP/JP]; 〒4328068 静岡県浜松市大平台 3 丁目 1 6 番 1 0 号 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 井ノ口 壽 (INOUCHI, Hisashi); 〒1600021 東京都新宿区歌舞伎町二丁目 4 5 番 7 号 大喜ビル 4 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

/ 続葉有 /

(54) Title: SIGHT-LINE DETECTION METHOD AND DEVICE, AND THREE- DIMENSIONAL VIEW-POINT MEASUREMENT DEVICE

(54) 発明の名称: 視線検出方法および装置ならびに三次元視点計測装置



J PLANE TO BE VIEWED
G VIEW POINT
A SIGHT-LINE VECTOR
P PUPIL
B CORNEA REFLECTION
C ENLARGED VIEW

(57) Abstract: A method and device for detecting a sight-line of a subject and a three-dimensional view-point measurement device. The method for detecting sight-line of a subject uses first cameras (10, 11), a second camera (12), and calculation means. The first cameras (10, 11) measure the position of a pupil relative to a coordinate system. The second camera (12) has a light source provided at a known position in the coordinate system and forming a cornea reflection point, and obtains data of a distance r between the center of a pupil and a cornea reflection point and data of an angle ϕ of the distance r relative to a coordinate axis of the coordinate system. The calculation means calculates the direction of the sight-line based on information from each of the cameras. In a step of determining a relational formula, a subject is made to gaze at a known point to perform measurement and a relational formula is determined. In a sight-line determining step, the subject is measured again and a sight-line is determined using the relational formula. Further, a three-dimensional view-point measurement device can be constructed so as to simultaneously measure the sight-lines of both eyes by two cameras and two light sources.

(57) 要約: 被検者の視線検出方法および装置ならびに三次元視点計測装置を提供する。視線検出方法は、座標系に対する瞳孔の位置を測定するための第1のカメラ10、11と、前記座標系の既知の位置に配置され角膜反射点を形成するための光源を備え、瞳孔の中心と角膜反射点間の距離 r と前記距離 r の前記座標系の座標軸に対する角度 ϕ のデータを取得する第2のカメラ12とを用いて前記各カメラからの情報により視線方向を演算する演算手段とを用いる被検者の視線検出方法である。関係式決定段階で、被検者に既知の点に注目させて測定を行い関係式を決定する。視線決定段階で、被検者を再度測定して、前記関係式を用いて視線を決定する。また、三次元視点計測装置は、2台のカメラと2個の光源で両目の視線を同時測定するように構成することができる。

WO 2005/063114 A1



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

規則4.17に規定する申立て:

- *US* のみのための発明者である旨の申立て (規則4.17(iv))

添付公開書類:

- 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

視線検出方法および装置ならびに三次元視点計測装置

技術分野

- [0001] 本発明の視線検出方法および装置は、被検者の姿勢の制限を最小にし、さらにマーカを付けたりすることなく視線を検出することができる視線検出方法および視線検出装置に関連し、三次元視点計測装置は、人の両目の視線方向を同時に検出することにより、三次元視点を計測する装置に関する。

背景技術

- [0002] 視線検出方法および視線検出装置は、医療検査とか、マンマシーンインターフェイス(視線入力)等広い応用が期待されているから、数多くの提案が行なわれている。基本原理は角膜反射点と瞳孔の中心から視線を検出するものが多い。特許文献2記載の発明は前記検出に関連する発明であって、特徴点の検出に向けられたものである。特許文献3記載の発明は角膜の形状を考慮した測定について、詳細な提案が行なわれている。
- [0003] またすでに提案されている多くの視線検出装置は、主に被検者の頭部を固定するタイプと被検者の頭部に検出装置を取り付ける形式のものが多い。これらは、ともに被検者の普段の行動を著しく阻害し、視線測定において被検者に多大な負担をかけていた。また、最近は、被検者の負担を軽減する意味で非接触タイプが作られるようになってきたが、検出装置が被検者に対して遠隔におかれているだけで、測定範囲が極めて限られており、事実上被検者が動けない状態でしか測定できていない。被検者の動きの制約をはずす方法として提案されている、画像処理などを使って眼の画像から視線を検出する方法は、画像処理に時間がかかり時間特性が悪いことがあった。
- また、顔の検出と同じカメラで視線を検出するため、精度が悪いという欠点もあった。それを解決するために、特許文献1記載の非接触視線測定装置は、3つのマーカのついたメガネフレームを顔に取り付けるものである。このメガネを取り付けると、一般の視力矯正用の眼鏡が装着できなくなる。また日頃眼鏡をつけていないユーザや被検

者にとって、測定用の眼鏡は負担となる。

[0004] 三次元視点計測装置の背景技術は以下の通りである。

- ・特許文献4(特許2739331号:ATR)には、網膜の反射を使用することによって瞳孔検出し、顔画像から瞳孔中心30の3次元位置を2台のカメラで捉えて三角測量によって決める技術が記載されている。これは瞳孔の3次元位置を検出しているものと考えられる。また、照明光として別の波長のものを用意する必要がある。

- ・前述の特許文献1(特開平10-066678号公報:NTT, NAC)には、顔面に3点のマーカを貼付し、ステレオタイプの2台のワイドカメラにより眼球位置を検出し、1台のナローカメラにより眼球トラッキングを行なう技術が記載されている。

- ・特許文献5(特許第2988235号:日産自動車)には、複数の照明により角膜反射像から角膜球中心を求め、角膜球中心と瞳孔中心とから視線方向を求める技術が記載されている。

- ・特許文献6(特許第3324295号:日産自動車)には、特許文献5と同様に複数の照明により角膜反射像から角膜球中心を求め、角膜球中心と瞳孔中心とから視線方向を求める技術が記載されている。これらの技術はいずれも視線方向の向いている視点の位置を求めるものではなく、あくまでも視線方向を検出する技術である。

特許文献1:特開平10-66678号公報

特許文献2:特開平11-56782号公報

特許文献3:特開2002-102172号公報

特許文献4:特許第2739331号

特許文献5:特許第2988235号

特許文献6:特許第3324295号

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0005] 本発明の第1の目的は、被検者の姿勢の制限を最小にし、さらにマーカを付けたりすることなく視線を検出することができる視線検出方法および前記視線検出方法を実施する視線検出装置を提供することにある。

本発明の第2の目的は、人の両目の視線方向を同時に検出することにより、三次元

視点を計測する三次元視点計測装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0006] 前記第1の目的を達成するために、本発明による請求項1記載の視線検出方法は、
- 、
- 座標系に対する瞳孔の位置を測定するための第1のカメラと、
- 前記座標系の既知の位置に配置され角膜反射点を形成するための光源を備え、瞳孔の中心と角膜反射点間の距離 r と前記距離 r の前記座標系の座標軸に対する角度 ϕ のデータを取得する第2のカメラとを用いて前記各カメラからの情報により下記のステップを実行する視線方向を演算する演算手段とを用いる被検者の視線検出方法であって、
- 前記座標系の既知の一点 G に被検者を注目させ、前記第1のカメラにより前記被検者の瞳孔の位置の座標点 O に関するデータを取得するステップと、
- 前記被検者の状態において、前記第2のカメラにより角膜反射点のデータと前記反射点と瞳孔中心 P までの距離 r と前記座標軸と前記 r との傾き ϕ を取得するステップと、
- 、
- 演算手段により前記第2のカメラの基準位置と瞳孔の中心を結ぶ線と前記被検者の視線との角度 θ を算出するステップと、
- 前記測定値および算出値に基づいて r に関連する r^* と θ の関係を示す式 $\theta = f(r^*)$ を算出するステップとを含む関係式決定段階とおよび
- 前記座標系の未知の一点 G' に被検者を注目させ、前記第1のカメラにより前記被検者の瞳孔の位置の座標点 O' に関するデータを取得するステップと、
- 前記第2のカメラにより角膜反射点のデータと前記反射点と瞳孔中心 P までの距離 r' と前記座標軸と前記 r' との傾き ϕ' を取得するステップと、
- 前記関係式を用いて $\theta' = f(r'^*)$ を算出し、前記傾き ϕ' 、 θ' から未知の一点 G' を得るステップとを含む視線決定段階と、
- から構成されている。

- [0007] 本発明による請求項2記載の方法は、請求項1記載の方法において、 r^* は r それ自身か r を OP に基づいて補正した値であり、 r'^* は r' それ自身か r' を OP' に基づいて

補正した値としてある。

本発明による請求項3記載の方法では、前記第1のカメラは座標系の水平軸方向に基線を一致して配置されたステレオカメラであり、前記第2カメラの光源は第2のカメラの光軸と実質的に一致する光軸を備えるように構成されている。

本発明による請求項4記載の方法では、 r^* と θ の関係を示す式 $\theta = f(r^*)$ は、 $\theta = k \times r^*$ (ただし k は定数) で与えられる。

本発明による請求項5記載の方法では、前記瞳孔は被検者の何れか一方の瞳孔である。

[0008] 本発明による請求項6記載の装置は、

座標系に対する瞳孔の位置 P を測定するための第1のカメラと、

前記座標系の既知の位置に配置された光源および前記光源で照射された瞳孔の中心と角膜反射点間の距離 r と r の前記座標軸に対する角度 ϕ のデータを取得する第2のカメラと、

前記座標系の既知の一点 G に被検者を注目させ、前記第1のカメラにより前記被検者の瞳孔の位置の座標点 P に関するデータを取得し、

前記被検者の状態において、前記第2のカメラにより角膜反射点のデータと前記反射点と瞳孔中心 P までの距離 r と前記座標軸と前記 r との傾き ϕ を取得し、

前記第2のカメラの基準位置と瞳孔の中心を結ぶ線と前記被検者の視線との角度 θ を算出し、 r に関連する r^* と θ の関係を示す式 $\theta = f(r^*)$ を算出し、

前記座標系の未知の一点 G' に被検者を注目させ、前記第1のカメラにより前記被検者の瞳孔の位置の座標点 O' に関するデータを取得し、

前記第2のカメラにより角膜反射点のデータと前記反射点と瞳孔中心 P までの距離 r' と前記座標軸と前記 r' との傾き ϕ' を取得し、

前記関係式を用いて r' に関連する $r^{*'}$ から $\theta' = f(r^{*'})$ を算出し、さらに

ϕ' , θ' から未知の一点 G' を得るステップを実行する演算手段と、

から構成されている。

[0009] 前記第2の目的を達成するために、本発明による請求項7記載の三次元視点計測装置は、

第1のカメラと、第2のカメラと、前記第1のカメラの近傍に配置された第1の光源と、前記第2のカメラの近傍に配置された第2の光源と、前記第1の光源及び前記第2の光源の点灯・消灯を制御すると共に点灯・消灯に同期した画像信号を得る制御手段と、得られた画像信号から瞳孔及び角膜反射を抽出する演算手段とから構成されている。

本発明による請求項8記載の装置は、

第1のカメラと、第2のカメラと、前記第1のカメラの近傍に配置された第1の光源と、前記第2のカメラの近傍に配置された第2の光源と、前記第1の光源及び前記第2の光源の点灯・消灯を制御すると共に点灯・消灯に同期した画像信号を得る制御手段と、得られた画像信号から瞳孔及び角膜反射を抽出し、これらの位置から視線ベクトルを算出する演算手段とから構成されている。

本発明による請求項9記載の装置は、

第1のカメラと、第2のカメラと、前記第1のカメラの近傍に配置された第1の光源と、前記第2のカメラの近傍に配置された第2の光源と、前記第1の光源及び前記第2の光源の点灯・消灯を制御すると共に点灯・消灯に同期した画像信号を得る制御手段と、得られた画像信号から瞳孔及び角膜反射を抽出し、これらの位置から瞳孔の三次元位置を算出する演算手段とから構成されている。

本発明による請求項10記載の装置は、請求項7乃至9記載の装置において、

前記第1の光源と前記第2の光源の発光波長はほぼ同一であるように構成されている。

発明の効果

[0010] 以上詳しく説明したように、本発明の視線検出方法は、座標系に対する瞳孔の位置を測定するための第1のカメラと、前記座標系の既知の位置に配置され角膜反射点を形成するための光源を備え、瞳孔の中心と角膜反射点間の距離 r と前記距離 r の前記座標軸に対する角度 ϕ のデータを取得する第2のカメラとを用いて前記各カメラからの情報により下記のステップを実行する視線方向を演算する演算手段とを用いる被検者の視線検出方法である。

関係式決定段階により、

前記第1のカメラと第2のカメラを用いる測定値および演算装置による算出値に基づいて予め、 r (角膜反射点と瞳孔中心間の距離) に関連する r^* と θ (第2のカメラと瞳孔の中心を結ぶ線と前記被検者の視線との角度) の関係を示す式 $\theta = f(r^*)$ を算出する。そして、

視線決定段階で前記関係式を用いて $\theta' = f(r^*)$ を算出し、前記この段階で測定した傾き ϕ' 、 θ' から未知の一点 G' を得る。

したがって、被検者を極端に束縛することなく、視線を測定することができる。

前記関係式決定段階は特定の被検者について行なわれるものであり、その段階で得た関係式を用いて、測定するのであるから、被検者の固体差による測定誤差の発生する余地はない。そのため正確な視線に関するデータが得られる。

[0011] 本発明の三次元視点計測装置は、人の両目の視線方向を同時に検出することにより、三次元視点を計測することができる。前述の方法と同様に人を極端に束縛する必要はない。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明による視線検出方法を実施するための装置の実施例の配列を示す概略図である。瞳孔と角膜反射(点)の位置関係の一例を拡大して示してある。

[図2]本発明の視線検出方法を実施するための装置等の構成を示すブロック図である。

[図3]本発明による視線検出方法を説明するための流れ図である。

[図4]世界座標系に関連して装置等の配列を示す斜視図である。

[図5]瞳孔と仮想視点平面の写像 $[(r', \phi)]$ と $(|\theta| = k|r'|, -\phi)$ の対応]を説明するためのグラフである。

[図6]視対象平面と仮想視点平面(H)との関係を説明するための斜視図である。

[図7]仮想視点平面(H)における θ と ϕ の意味を説明するための図である。

[図8]方向ベクトルと角度の関係を示すグラフである。

[図9]2台のカメラと被験者との配置を示す図である。

[図10]光源の点灯・消灯と、明瞳孔・暗瞳孔の対応を示す図である。

[図11]光源105の点灯と、被験者の瞳孔の画像を示す図である。

[図12]光源106の点灯と、被験者の瞳孔の画像を示す図である。

[図13]顔全体と、トラッキング対象範囲を示す図である。

[図14]両目の視線検出により視点を求める模式図である。

[図15]視線ベクトルと ϕ , θ との関連を示す図である。

[図16]瞳孔中心と角膜反射から視線ベクトルを求める図である。

[図17]瞳孔の三次元位置を検出し、スクリーンに映し出す映像の大きさ、位置を制御する模式図である。

[図18]瞳孔位置の変化により映像の画角が変化する様子を示す図である。

[図19]スネルの定理を示す図である。

[図20]球面がカメラと光源に対して横方向に移動する場合を示す図である。(a) は光源とカメラの位置が不一致である場合、(b) は光源とカメラの位置が一致している場合である。

[図21]球面が奥行き方向に移動する場合を示す図である。(a) は光源とカメラの位置が不一致である場合、(b) は光源とカメラの位置が一致している場合である。

[図22]瞳孔がカメラ及び光源から同一の距離上を移動する場合を示す図である。

[図23]瞳孔中心の位置を一定にしたときに、視線ベクトルの変化と角膜反射との関係を示す図である。

[図24]カメラ—瞳孔ベクトルと視線ベクトルのなす角度 θ と、カメラ画像中の角膜反射中心—瞳孔中心ベクトル r の大きさ $|r|$ との関係を示す図である。

[図25]カメラと瞳孔中心までの距離の変化による $|r|$ への影響を示す図である。

[図26]カメラと瞳孔中心までの距離の変化に応じて眼球の大きさを変化させるよう補正する例を示す図である。

符号の説明

- [0013] 10, 11 第1のカメラ
 12 第2のカメラ
 14 カメラインターフェイス
 15 照明制御装置
 16 カメラ駆動装置

20 バスライン
22 処理装置(CPU)
24 入力装置
26 記憶装置
30 出力インターフェイス
31 出力装置
101, 102 1カメラ, 2カメラ
103, 104 レンズ
105, 106 光源
107 顔
108 瞳孔
109 角膜反射
110 カメラ
111 スクリーン
120 カメラ
121 光源
122 球面の接平面と球面との接点
123 球面の中心
124 球面
125 球面の接平面
126 眼球

発明を実施するための最良の形態

[0014] 以下図面等を参照して、本発明の視線検出方法および装置について、発明を実施するための最良の形態を詳しく説明する。

図1は、本発明による視線検出方法を実施するための装置の実施例の配列を示す概略図である。図4は世界座標系に関連して本発明の視線検出方法を実施するための装置等の配列を示す斜視図である。

第2のカメラ12は眼球撮影用であって高倍率のカメラを用いる。このカメラは、この実

施例では世界座標系の原点、図4のO(0, 0)点に配置されている。なお、図4ではカメラ12の図示を省略してある。

この第2のカメラ12で取得したデータに基づく角膜反射(点)の位置関係の一例を図1に拡大して示してある。この画像は後述する出力装置により表示される。

第1のカメラ10, 11は一对のカメラからなる瞳孔の3次元位置検出用のステレオカメラである。

第1のカメラ10, 11間の距離(基線長は)世界座標系のX軸に平行である。

第2のカメラ12は少なくとも一方の瞳孔に照準され、図1に拡大して示されている。角膜反射点と瞳孔の中心のデータを取得する。

第1のカメラ10, 11および第2のカメラ12にはそれぞれ一体的にまたは関連して照明手段(図示せず)が設けられている。

[0015] 図2は本発明の視線検出方法を実施するための装置等の構成を示すブロック図である。

第1のカメラ10, 11および第2のカメラ12のCCDにより取得された画像出力はインターフェイス14を介してバスライン20に接続される。

この実施例では第2のカメラ12は前記座標系の既知の位置Oに配置され角膜反射点を形成するための光源を備え、瞳孔の中心と角膜反射点間の距離 r と前記距離 r の前記座標軸に対する角度 ϕ のデータを取得する。この実施例においては前記光源からの光の光軸は、第2のカメラ12の光軸に一致するように設けられている。

第2のカメラ12は処理装置(CPU)21から供給される信号により駆動装置16を介して供給され、対象とする眼に照準(向けられて焦点合わせがされている状態)される。操作者は出力装置31の一部を形成する表示画面に表示される眼の画像(図1参照)を見ながら必要に応じて照準するために入力装置24を操作する。図示しない各カメラの照明手段は照明制御装置15からの信号で操作される。

記憶装置26には、後述する制御を実行するためのプログラムや、演算を行なうためのRAM領域が設けられている。被検者の画像情報や、演算結果情報、システムの動作情報等は出力インターフェイス30を介して出力装置31に出力される。出力装置31は、画像表示装置プリンタ等を含んでいる。

[0016] 第1のカメラ10, 11は前記眼の瞳孔の中心の座標上の3次元位置を検出するために設けられている。第2のカメラ12は高倍率の視線検出用カメラであって、瞳孔を含む周囲の眼の画像だけを捉える。

前記第1のカメラからの3次元瞳孔位置情報によって2つの眼のうちの1つの眼もしくは2つの眼を追いかける自動追跡制御手段(駆動装置16)を設けてある。

なお手動でカメラの光軸を合わせることも可能である。後述するように、第1のカメラ10, 11の出力から得られる3次元瞳孔位置Pと第2のカメラ12の出力から得られる角膜反射像中心の位置と瞳孔中心Pから視線ベクトルを求める。

[0017] (照明光源について)照明光源は、カメラのレンズの開口の中あるいは近くに配置するもの(以下、内側の光源とする)と、開口から離れた位置に配置するもの(以下、外側の光源とする)を用意することができる。内側の光源による画像においては、瞳孔が顔の瞳孔以外の部分よりも明るく写る傾向がある。特公平7-82539の第13B図に関連してこのことが説明されている。

逆に外側の光源によって、瞳孔は瞳孔以外の部分よりも暗く写る傾向がある。同第13C図に関連してこのことが説明されている。

内側と外側の光源をビデオ信号に同期させ、交互に点灯させ、得られた前者の画像から後者の画像を実時間で画像差分することによって、瞳孔以外のところは相殺され消え、瞳孔だけが検出しやすくなる。このような光源を各カメラに設ける。

[0018] この実施例では、第1および第2のカメラの計3台に光源を取り付けている。

これにより、互いに他のカメラの光源が発射した光が、眼鏡を反射して、眼鏡反射像として画像中に写ることを防ぐために、各カメラに取り付ける光源は互いに中心波長の異なる光源を用い、各波長を中心波長とするバンドパスフィルタをカメラに取り付ける。

その場合に、一般に光源の発光波長域に広がりがある場合は、3種類以上の光源において発光波長がオーバーラップするので、バンドパスフィルタバンドをいくら狭く選んでも、互いのカメラの光源が干渉しあう。これを防ぐために、光源の前に、バンドパスフィルタを設置し、顔に対して発射させる光の波長域を狭め、発光波長域のオーバーラップを極力減らした上で、さらに、各カメラの前には、同カメラの光源前に設置し

てバンドパスフィルタとほぼ同じ中心波長を持つバンドパスフィルタを設置し、互いの干渉をなくすることができる。

[0019] 以下図3、図4を参照して、本発明の視線検出方法を説明する。本発明による視線測定方法は、関係式を決定する関係式決定段階と決定された関係式に基づいて被検者の任意の視線を決定する視線測定段階を備えている。

関係式決定段階はステップ0〜10を含み、視線測定段階は、ステップ1〜10を含んでいる。

[0020] 図4は世界座標系に関連して本発明の視線検出方法を実施するための装置等の配列および関連する平面等を示している。

〔関係式決定段階〕

(ステップ0) 世界座標系に対する各カメラの定位。

世界座標系の原点をO(0, 0)とし第1のカメラを配置する。

(ステップ1) 被検者に既知の一点に注目させる

世界座標系において座標がわかっている1点Q(x_Q, y_Q, z_Q)を被検者に見させる。

(ステップ2) 第2のカメラにより被検者の瞳孔中心Pの座標位置データの取得

ステレオカメラにより、瞳孔中心の3次元座標P(x_P, y_P, z_P)を求める。

(ステップ3) $|OP|$ の算出

ベクトルOPの方向ベクトル

$(l_x, l_y, l_z) = (x_P - x_O, y_P - y_O, z_P - z_O)$ とその長さ

$|OP| = [(x_P - x_O)^2 + (y_P - y_O)^2 + (z_P - z_O)^2]^{1/2}$

を求める。

(ステップ4) $|OP|$ に垂直でOをとる仮想視点平面Hの算出

平面Hは次の式で与えられる。

$$(l_x \cdot x + l_y \cdot y + l_z \cdot z) - (l_x \cdot x_O + l_y \cdot y_O + l_z \cdot z_O) = 0 \quad (1)$$

(ステップ5) 視線を現すベクトルPQの算出

視線を表すPQの方向ベクトル(s_x, s_y, s_z)は

$(s_x, s_y, s_z) = (x_Q - x_P, y_Q - y_P, z_Q - z_P)$ であり、直線PQの式は、同直線が、P(x

(x_P, y_P, z_P) を通ることから次の式で与えられる。

$$(x - x_P) / s_x = (y - y_P) / s_y = (z - z_P) / s_z \quad (2)$$

で現される。

(ステップ6) 直線PQと仮想視点平面Hの交点の座標 $G(x_G, y_G, z_G)$ の算出
前述の(2) 式 $=t$ と置いたときに求まる (x, y, z) は次の(3) のとおりである。

$$\begin{aligned} x &= s_x t + x_P \\ y &= s_y t + y_P \\ z &= s_z t + z_P \end{aligned} \quad (3)$$

これを平面Hの式に代入すると、

$$t = (1^2_x + 1^2_y + 1^2_z) / (1 s_x + 1 s_y + 1 s_z) \quad (4)$$

と t が求まる。これを(3) に代入することにより世界座標系における交点

$G(x_G, y_G, z_G)$ が求まる。

(ステップ7) ベクトルOPとベクトルPGの角度 θ の算出

ベクトルOPの方向ベクトル $(1_x, 1_y, 1_z)$ 視線ベクトルの方向ベクトルPG (s_G, s_G, s_G) のなす角 θ を求める。

$$\theta = \cos^{-1} [|1 s_x + 1 s_y + 1 s_z| / (1^2_x + 1^2_y + 1^2_z)^{1/2} \cdot (s_x^2 + s_y^2 + s_z^2)^{1/2}] \geq 0 \quad (5)$$

(ステップ8) r と ϕ_a の測定

第1のカメラ(第1のカメラ20)により角膜反射中心と瞳孔中心座標を取得して、

角膜反射中心と瞳孔中心間の距離 r と角度 ϕ_a (座標軸に対する)を求める。

視線検出用カメラ(第2のカメラ12)の画像から検出される角膜反射中心と瞳孔の中心座標をそれぞれ、 (g_x, g_y) , (p_x, p_y) とするとき、

$|r| \neq 0$ のとき、

$$|r| = [(p_x - g_x)^2 + (p_y - g_y)^2]^{1/2} \quad (6)$$

$$\phi_a = \cos^{-1} (p_y - g_y) / |r| \quad (7)$$

$(0 \leq \phi_a' \leq \pi)$ とおいたとき、

$$p_x < g_x \text{ のとき、 } \phi_a = \phi_a'$$

$$p_x > g_x \text{ のとき、 } \phi_a = -\phi_a'$$

と計算でき被検者がQを見たとき $|r|$ を $|r_Q|$ (単位は画素) として求める。

(ステップ9) $|r|$ をOPにより補正して $|r^*|$ を求める。

第2のカメラ12では、角膜反射像の中心と瞳孔像の中心を検出して、それらの相対位置関係から視線検出用カメラの光軸と視線とのなす角度を推定する。

この場合、同じ方向を見ている画像の拡大率が異なれば、角膜反射像の中心と瞳孔像の中心の相対関係が変化してしまうので、画像の拡大率は重要な要素である。

この問題を解決するためには、まず、距離と拡大率の関係を予め計測しておき、関係式を求めておく。瞳孔の3次元位置がわかるので、視線検出用カメラと瞳孔までの距離を算出して、関係式を用いて拡大率を計算し、角膜反射像中心と瞳孔中心間の距離を補正する。

[0021] (ステップ10) θ と $|r^*|$ から、 $|r^*|$ と θ 間の関係式fを求める。

被検者がOを見たときの θ と r をそれぞれ θ_O と $|r_O|$ とすると、

$|r_O| = 0$ で、 $|r_O^*| = 0$ であるから、Qを見たときの値 θ と $|r^*|$ から、
 $\theta = k |r^*|$ (8)

である線形関係があるとして、係数kを求める。

$$k = \theta_Q / |r_Q^*| \quad (9)$$

また $\phi_a = -\phi_a'$ (10)

とする。よって、このような係数k (一般的には $|r^*|$ と θ 間の関係式f) を求めることで視線の校正をする。

$|r^*|$ は、 θ の関数であり、 ϕ_a とは独立している。 ϕ_a または ϕ_a' によらずkが一定であると仮定しているからである。

このことを、さらに図5を参照して説明する。 $(|r^*|, \phi_a')$ から $(|\theta|, \phi_a)$ への対応付けにおいて、原点は原点に写像し、単に拡大もしくは縮小して左右をひっくり返すだけの写像となる。

[0022] 前述した関係式決定段階で獲得した関数式を用いる〔視線測定段階〕

(ステップ1) 必要に応じて第1のカメラの被検者への照準。

被検者の注目点は、視対象平面の未知Q' ($x_{Q'}$, $y_{Q'}$, $z_{Q'}$) であるとする。

この座標を求めるのが、これからの手続きの目的である。

(ステップ2) 瞳孔中心の3次元座標の測定

図5に示すように、第1のカメラ10, 12被検者の瞳孔中心P'の座標位置データ(x_p , y_p , z_p)の測定

(ステップ3) $|OP'|$ の算出

ベクトルOP'の方向ベクトル

$$(l_x, l_y, l_z) = (x_p - x_o, y_p - y_o, z_p - z_o) \text{ とその長さ}$$

$$|OP'| = [(x_p - x_o)^2 + (y_p - y_o)^2 + (z_p - z_o)^2]^{1/2}$$

を求める。

(ステップ4) 第1のカメラにより角膜反射中心と瞳孔中心座標を取得して、距離 r' と座標軸に対する角度 ϕ_b を測定する。

$|r'| \neq 0$ のとき

$$|r'| = [(p_x - g_x)^2 + (p_y - g_y)^2]^{1/2} \quad (6')$$

$$\phi_b = \cos^{-1}(p_y - g_y) / |r'| \quad (7')$$

($0 \leq \phi_b' \leq \pi$) とおいたとき、

$p_x < g_x$ のとき、 $\phi_b = \phi_b'$

$p_x > g_x$ のとき、 $\phi_b = -\phi_b'$

(ステップ5) r' を $|OP'|$ により補正して r^{*} を求める。

(ステップ6) 先の段階で求めた関係式を用いて θ' を求める。

$$\theta' = f(|r^{*}|) = k |r^{*}|$$

(ステップ7) 視線ベクトルG'を求める。

仮想視点平面Hを $x'-y'$ 平面とする直交座標系(原点Oは絶対座標系と一致)を、図6のようにとる(z' 軸は点Pを通る)。

平面Hの x' 軸と y' 軸は、絶対座標系の x 軸、 y 軸に対して、水平方向に α 、垂直方向に β だけ回転しているものとする。

平面Hを z' 軸方向から見た図が図7左であり、図7右は点O、点G'、点Pの三点を通る平面を図示したものである。

θ と ϕ_b と $|OP|$ から仮想視点平面Hの直交座標系における点G'を求める。

図7右からわかるように、

$$|OG'| = |OP| \tan \theta$$

であり、仮想視点平面Hの直交座標系における点G' ($x_{G'}$, $y_{G'}$, 0)の $x_{G'}$ は、 $\phi_b = \phi_b'$ とすると、

$$x_{G'} = |OG'| \cos \phi_b'$$

$$y_{G'} = |OG'| \sin \phi_b'$$

で求まる。

(ステップ8) PG'を求める。

仮想視点平面Hの直交座標系においては、点Pの座標は($|OP|$, 0, 0)であるので、同座標系における視線ベクトルは、PからG'を結ぶベクトルPG'として、

$$PG' = (x_{G'}, y_{G'}, -|OP|)$$

で求まる。これは、仮想視点平面Hの直交座標系における視線ベクトルの方向ベクトルでもある。

(ステップ9) 視線ベクトルの方向ベクトルの算出

世界座標系におけるベクトルOPの方向ベクトル($1_x, 1_y, 1_z$)は、仮想視点平面H直交座標系の z' 座標に一致している。今、仮想視点平面Hの直交座標系の x' 軸を世界座標系の x 軸に一致するように原点回りに $-\alpha$ だけ回転させた後に、 y' 軸を y 軸に一致するように原点回りに $-\beta$ だけ回転させると、仮想視点平面Hの直交座標系と世界座標系は一致する。上記の座標系回転後の仮想視点平面Hの直交座標系でのベクトルPG'の方向ベクトルは、世界座標系における視線ベクトルに一致する。ここで、

$$\cos \alpha = \frac{l_z}{\sqrt{l_x^2 + l_z^2}}, \quad \sin \alpha = \frac{l_x}{\sqrt{l_x^2 + l_z^2}}, \quad \cos \beta = \frac{\sqrt{l_x^2 + l_z^2}}{\sqrt{l_x^2 + l_y^2 + l_z^2}}, \quad \sin \beta = \frac{l_y}{\sqrt{l_x^2 + l_y^2 + l_z^2}} \quad (11)$$

で与えられる。この回転により世界座標系の視線ベクトルの方向ベクトル(s_x, s_y, s_z)は次の(12)式で与えられる。

$$\begin{pmatrix} s_z \\ s_x \\ s_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -|OP| \\ x_{G'} \\ y_{G'} \end{pmatrix}$$

(12)

なお直行座標系と角度の関係を図8に示してある。

(ステップ10) 視点Q'の算出

前のステップで求めた(s_x, s_y, s_z)を用いて、世界座標系における視線の式は($x - x_P$) / $s_x = (y - y_P) / s_y = (z - z_P) / s_z (=t)$ (2)

で現される。視対象が平面であり、その式が

$$m_x \cdot x + m_y \cdot y + m_z \cdot z + d = 0 \quad (13)$$

で与えられるとき、(11)式と(12)式の交点Q'd あり、これを求める。

(2) 式より、

$$\begin{aligned} x &= s_x t + x_P \\ y &= s_y t + y_P \\ z &= s_z t + z_P \end{aligned} \quad (3)$$

これを平面Hの式に代入すると、

$$t = \frac{d - (m_x x_P + m_y y_P + m_z z_P)}{m_x s_x + m_y s_y + m_z s_z} \quad (14)$$

これを(3) 式に代入して、視点Q' ($x_{Q'}, y_{Q'}, z_{Q'}$)が求まる。

[0023] 以上詳しく説明した本発明の視線検出方法の実施形態について、種々の変形が期待できる。これらは、本発明の技術的範囲に属するものである。

全カメラは近赤外線に高感度のカメラを使用し、レンズの絞りをできるだけ絞り焦点深度を大きくすることで固定焦点レンズを使用することもできる。

すなわち、頭部が大きく移動してもいつもピントがあっている状態を作り出し、カメラの方向も固定のままでも頭部をいつも撮影できるようにしても良い。

[0024] また、第2のカメラ12については、一般に、大きく拡大するために、狭い距離範囲でしかピントが合わなくなる可能性がある。しかし、用途によっては、手動焦点レンズで間に合う場合がある。それは、ある一時期において、頭部の動きが限られている場合である。例えば、いすに座っているユーザや被検者の場合、座席の位置を設定した

ら、頭部を大きく動くことはない。この場合は、狭い範囲(10cm)程度の範囲でピントがあっていればよいので、ユーザや被検者が手動でレンズの焦点を合わせたり、もしくは電動焦点レンズを手元スイッチやリモコンでピントを一度合わせれば使用できるようになる。また、カメラの向きも、ユーザや被検者が手など体を使って動かしたり、アクチュエータを含むシステムで、手元スイッチやリモコンで眼が写る方向、位置に一度合わせれば視線を計測できることになる。前記のシステムは比較的安価にできる。この場合でも、視線決定において瞳孔の3次元位置は情報として必要となる。

[0025] また、頭部が大きく動いている最中も視線を検出する必要がある場合において、手動固定レンズもしくは固定焦点レンズではピントが合わない場合がある場合においては、自動焦点レンズもしくは電動焦点レンズを使用する必要がある。自動焦点レンズは一般にカメラの画像を利用して制御される。画像のコントラストが良い場合には利用できるが、バンドパスフィルタをつけるなどの理由から画像のコントラストが悪い場合には、電動焦点レンズを用いて外部からコントロールすることもできる。

[0026] 上述の方法では、 θ と $|r|$ 関係に線形性があり、原点を通ることを前提とした。しかし、一般には、眼球の光学系と視軸とに多少のずれがあるため、被検者がOを見たときに角膜反射が瞳孔像の中心に現れるとは限らない。すなわち、原点を通らない。高精度の視線検出を行うためには、これを補正する必要がある。方法としては、視線の較正の際に、どこか一点を被検者に見させるだけでなく、被検者がOを見たときの $|r|$ と ϕ' も計測する。すなわち、被検者に最低でもこれら2点を見させて、視線の較正をする必要がある。

この場合、Oを見させたときに得られる角膜反射中心-瞳孔中心ベクトル r (ずれ成分)がゼロベクトルになるように、他のどこか一点を見たときに得られた r についてもずらした後に(原点補正)、 $|r|$ と ϕ' を求め較正を行う。また、実時間視線検出においても、得られる r に同様に補正を行った後に $|r|$ と ϕ' を求め、それを利用し視線を算出する。

[0027] 本発明の三次元視点計測装置は、従来の視線方向の検出に留まらず視線の収束点を求めることにより、視点の3次元位置を求めるものである。

本装置は、被験者の顔から離れた2台のカメラの開口近傍に設けた光源で顔全体

を照らし、それら2台のカメラで捉えた両目を含む顔画像から、頭部の前後、左右の大きな動き(たとえば、30cm)を許容しながら非接触で両目の視線を同時に検出できる非接触視線検出装置であって2台のカメラで捉えた顔画像から三角測量により、2つの瞳孔の3次元位置を検出し、さらに2つの顔画像のそれぞれにおいて検出される2つの瞳孔のそれぞれの周りを詳細に解析し、2つの正確な瞳孔中心と2つの角膜反射中心を検出し、2つの眼の視線を検出する。それら2本の視線の交点が視点であり、三次元の視点の計測ができる。

実施例 1

[0028] 図9のように、2台のカメラ(1カメラ101, 2カメラ102)を被験者の顔107から離れたところに設置し、それら2台のカメラのレンズ103, 104の実質的に開口の中、もしくは、開口の近くに同一の波長の光源105、106を設け、顔107の全体を照らす。2つのカメラ(1カメラ101, 2カメラ102)を同期させて駆動させ、2つのカメラに取り付けられている光源105、106を奇数フィールドと偶数フィールドに同期させて交互に点灯させる。

図10に示すように、1カメラ101に取り付けてある光源105を奇数フィールドで点灯させると、1カメラ101の奇数フィールドの画像では瞳孔が周囲より明るく写る現象が起こり(明瞳孔:図11左)、2カメラ102の奇数フィールドの画像には瞳孔が周囲よりも暗く写る現象が起こる(暗瞳孔:図11右)。

同様に、2カメラ102に取り付けてある光源106を偶数フィールドで点灯させると、1カメラ101と2カメラ102の偶数フィールドの画像において、それぞれの暗瞳孔(図12左)と明瞳孔(図12右)が観察される。

[0029] 基本的に各カメラから得られる連続する明瞳孔画像から暗瞳孔画像を画像差分することにより、瞳孔以外の部分が相殺しあって、瞳孔部のみが容易に検出できる。

瞳孔検出処理の高速化のためには、初期画像においては、画面全体に対して、飛び飛びの画素を解析することにより、2つの瞳孔のおよそのありかを検出する。その後、検出したおよその瞳孔を中心にウインドウを与え(図13中の2つの四角)、次のフレームからは、同ウインドウ内だけを画像解析をするか、もしくは、はじめからカメラからウインドウ内の画像だけを取り込み、画像解析にかかる時間を短縮する。

2つのウインドウ内の解析においては、基本的に全画素を詳細に解析し、両目の瞳孔中心と角膜反射中心を精度よく検出し、視線を決定する(図14)。

[0030] イメージセンサとしては高細精度でかつランダムアクセスもしくはウインドウ切り出しのできるCMOSセンサなどを利用し、イメージセンサから画像処理部へのデータ転送を高速化する。それにより、瞳孔中心と角膜反射中心の座標の検出を頻繁に行えることにする。得られる視線もしくは視点データを移動平均することにより、よりこれらを安定させることができる。

さらに、差分をする連続する2つの画像間の時間間隔を短くすることによって、2つの画像における瞳孔像に位置ずれが生じにくいために、視点や視線だけでなく、三次元瞳孔位置の精度や検出率の向上に寄与する。それにより頭部が移動して瞳孔像がカメラフレーム内をすばやく移動しても、差分により瞳孔が検出しやすくと同時に、2つのカメラの同期を実質的に取ることを可能にする。

なお、カメラ2台を使用することは変わらないが、光源を増やしたり光学フィルターを利用したり、専用のカメラを製作することで、カメラ同士の同期のずれを改善する方法などが考えられる。

実施例 2

[0031] 基本的に2つのカメラのそれぞれにおいて両方の目の視線を検出することができる。いま、図15に示すように、片目の視線は、まず、2台のカメラのカメラ校正を行った際に構成される世界座標系における瞳孔の三次元座標を2台のカメラから得られる瞳孔座標から推定する。いま、向かって左側のカメラのみに注目すると、カメラ校正により求まるこのカメラの座標と推定された瞳孔三次元座標より、世界座標系におけるカメラ-瞳孔ベクトルが求まる。視線ベクトルを瞳孔から視点へ向かうベクトルとすると、カメラ-瞳孔ベクトルと視線ベクトルのなす角度は図中の θ と ϕ で表現できる。ここで、 θ は ± 30 度程度の範囲で、図16に示す画像中の角膜反射中心から瞳孔中心へ向かうベクトル r の長さ $|r|$ とほぼ線形関係がある($\theta = k |r|$ 、ただし、 k は定数)。また、 ϕ は r の方向を示す ϕ' と $\phi = \phi'$ の関係がある。視点 G は、視線ベクトルと視対象との交点として求まる。

視対象の存在する平面が不明であるときには、両目の視線ベクトルの交点が視点

Gである。

- [0032] これらの処理は、片目の視線ベクトルについても、2つのカメラのそれぞれから求まるので、それらの平均を最終的な視線ベクトルとすることもできる。また、 θ が大きくなると角膜反射が消失し、代わりに白目が光るようになり、事実上、瞳孔中心と角膜反射中心との相対位置関係から視線を検出することが不可能となったとき(例えば、図15において向かって右側のカメラのさらに右側を見たとき)、左側のカメラによって視線を検出するのは難しいので、右側のカメラから求まる視線ベクトルのみを利用するなどの工夫をする。

さらに大きく右を見たときは、右側のカメラでさえも角膜反射が検出できなくなる。その場合は、瞳孔の楕円度からおよその視線方向を検出する。 $\theta > 30^\circ$ のとき、もしくは何らかの理由(例えば、眼鏡反射やまつげが角膜反射に重なったとき)で角膜反射が検出不可能なとき瞳孔の楕円度を利用することとする。このように、瞳孔の楕円度を利用する方法は精度の面で問題があるものの、正面に対して大きくずれたところを見た場合であって精度を必要としない場合などに有効である。

- [0033] ここで、角膜反射と瞳孔中心との相対座標から視線方向が検出できる理由を以下に述べる。

<角膜反射の特徴>

図19左のように、光源121(点光源)から発射した光が、反射平面で反射し、カメラに入射する場合、入射角と反射角が等しいため、このように表現される。ここで、対象は平面ではなく、球面だとすると図19右のように表現できる。この場合、カメラ120から見たとき、あたかも光源121は、球面の接平面125と球面124との接点122にあるように見える。このとき球面の中心123と接点122とを結ぶ直線に対し、入射角と反射角が等しくなる。

- [0034] ここで、もし、球面(眼球の角膜)が空間内をカメラ120と光源121に対して移動すると、図20左のように、カメラ120から見ると光源121の反射はカメラから視角が変化するため画像中で移動する。このように一般に球面を角膜球面と考えると、角膜が頭部の動きなどで移動すると角膜反射像が画像中で移動することがわかる。さらに、光源121の位置や、カメラ120の位置や方向が異なった場合も、角膜反射像の位置がカ

メラ画像内で異なってくるのが容易に想像できる。

- [0035] 今、光源とカメラの位置が一致している場合を考える(図20右)。この場合は、光源から球面へ向かう光線と球面からカメラへ戻る光線とは一致する。このような条件では、光源とカメラが異なる位置にある場合よりも優れている。なぜならば、光源とカメラの位置が不一致の場合は、図21左のように、光源とカメラに対して奥行き方向の動きをすると、角膜反射像が画像中で移動するが、一致している場合(図21右)には、カメラの撮影方向に対する固定した角度上を角膜球が移動する場合に画像中では同じ位置に撮影されるという特徴がある。したがって、光源とカメラの位置が一致している場合は、角膜反射像について問題になるのは、カメラ(光源)周りの回転だけである。

- [0036] <撮影画像中の角膜反射中心と瞳孔中心の間の距離 $|r|$ からカメラ-瞳孔ベクトルと視線ベクトルとのなす角度がわかる理由と方法>

図22のように、視線検出用カメラの視野内を眼球が移動するとする。いま、ステレオカメラによって、瞳孔の三次元位置がわかっているので、瞳孔がカメラおよび光源から同一の距離上を移動したとする。ただし、そのとき、カメラ-瞳孔ベクトルと視線ベクトルのなす角度 θ は変化しなかったとする。ただし、ここでは、簡単のため、カメラの水平軸上を瞳孔(眼球)が動いたとする。このとき、注意すべきことは、カメラから見た角膜反射像と瞳孔像の位置関係は全く変化しないことである。瞳孔がカメラ(レンズ、光源)を中心とした円周上を動くときは、画像上で角膜反射像と瞳孔像の相対距離は変化しない。

- [0037] 一方で、図23左のように、視線ベクトルの起点が同じ(瞳孔の3次元位置が同一)方向ベクトルが異なるときを考えると、このとき、図のように角膜反射の位置が変化する。カメラから見ると、カメラ-瞳孔ベクトルに対する視線ベクトルのなす角度が大きくなるほど、すなわち θ が大きくなると画像中の角膜反射中心-瞳孔中心間の距離 $|r|$ は、大きくなるのがわかる。また、図23右が示すように、目がカメラの方を向いているとき、基本的に瞳孔中心に角膜反射中心が位置し、 $|r|=0$ となる。

- [0038] したがって、カメラ-瞳孔ベクトルと視線ベクトルのなす角度 θ と画像中の角膜反射中心-瞳孔中心ベクトル r の大きさ $|r|$ には図24のような原点を通る単純増加関係がある。この関係は、眼球の光学系の違いから、個々の被験者によって異なる。 θ -

| r | 関係を求めることが本手法の視線の校正であるということが出来る。さらに、通常は、眼の光学系の光軸と視軸とのずれがあるため、上の関係は、原点を必ずしも通らないので、補正する必要がある。これらについては、後述する。

[0039] さて、図23の左右のどちらの場合にも、カメラの向き(点O周りの撮影方向)が変わっただけでは、 θ および | r | は変化しないことに注意しなければならない。したがって、カメラの向きの情報は必要はなく、単にカメラのフレーム内に瞳孔と角膜反射が写っていれば良い。さらに、図22を使用して述べたように、点O周りに眼球が動いたとしても、 θ を一定に保ったまま、点Oから瞳孔中心Pまでの距離を一定に保っていれば、やはり | r | は一定となることを再度述べておく。

[0040] しかし、カメラ位置の点Oと瞳孔中心Pの距離(OP)が変わると、 θ が変化しなくとも | r | は変化する。すなわち、カメラレンズが固定焦点レンズであるとする、カメラの物体との距離が長くなると物体は小さく写ることに起因する。したがって、これを補正する必要がある。上述のように、カメラ-瞳孔ベクトルのカメラの光軸とのなす角度にかかわらず同一の θ - | r | 関係が常に成立するという事を利用して考える。今、図示しやすくするために、図25のように、カメラから瞳孔中心までの距離は変化するが、視線の向きが変わらない位置に瞳孔が存在するとする。この図からわかるように、カメラから見た距離が変わると、カメラに写る瞳孔中心と角膜反射中心の距離 | r | は変化する。(なお、このとき、当然、画像中の瞳孔中心座標は変化する。しかし、これを考慮する必要はなく、あくまでも角膜反射と瞳孔中心の相対的な位置関係だけに注目すればよい。)

[0041] しかし、今、このように | r | が変化するのが距離OPの変化によるためであるので、これを補正していつも物体を同一の大きさで撮影するカメラがあると仮定することにし、図26のように、距離OPに応じて、物体(今は眼球)の大きさを変えて作図すると、距離OPに関係なく | r | を一定に保つことができる。距離が変わっても物体を同一の大きさに撮影することができない固定焦点カメラの場合、距離OPに応じて、画像中の | r | を補正すればよい。ただし、補正するための距離OPと | r | の関係はあらかじめ調べておく必要がある。ただし、これは視線の校正とは違い、いわば、カメラの補正であるので、被験者には関係ない。なお、OPは、ステレオカメラから求まるPの座

標から計算する。

また、図25において、実際には、光源と瞳孔中心とを結ぶ光経路は直線ではなく、空気と角膜前面との境界面、角膜後面と房水との境界面などで屈折する。図25で明らかなように、距離OPが変化すると、光源と瞳孔中心とを結ぶ光経路は変化し、その経路は別の角膜位置を通る。角膜位置に依存して、前記境界面への光の入射角度が変化するため、境界面における屈折角度も変化する。したがって、前記のカメラの補正をしても、 $|r|$ は距離OPの影響を微妙に受ける。必要に応じて、人間の標準的な角膜及び房水の屈折率および角膜曲率半径情報を用いるなどして、 $|r|$ を補正する。

[0042] <カメラ 瞳孔ベクトル周りの視線ベクトルの角度(ϕ)と視線の校正>

ところで、視線ベクトルを決定するためには、 θ だけでなく ϕ を明らかにしなければならない。ただし、以前述べたように、基本的には、 ϕ と画像中の角膜反射から瞳孔中心へ向かうベクトル r とカメラの水平軸(図16中の横軸)とのなす角度 ϕ' は等しくなるはずである。

したがって、カメラ 瞳孔ベクトル周りの視線ベクトルの角度(ϕ)に関しては、校正が必要ないことを示唆する。もし、それが正しく、さらに、図24に示した $\theta - |r|$ 関係に線形性があり、原点を通るならば、視線の校正は、どこか一点を被験者に見させさえすればできることになる。

実施例 3

[0043] 両目の視線が同時測定できることで、輻輳角(両目の視線のなす角度)が計測でき、奥行き方向の視点(両目の視線の交差点)が計測でき、どのくらいの距離のところを見ているかもわかる。結果的に3次元空間における視点がわかる。

このことは、発展型3Dディスプレイなどへの応用が考えられる。通常の3Dディスプレイでは、眼の焦点はディスプレイ上に合っていなければクリアな画像を見ることができない。よって、輻輳角は変わっても目の焦点が変わらないという人間の通常の視覚機能とは異なった不自然な見方をしなければならない。ところが、奥行き方向に焦点をずらしてもそれに応じてピントが合うような発展型3Dディスプレイを用いれば、より自然な立体視感を持つことができる。

この種のディスプレイでは、眼の空間位置と眼の焦点位置を与えれば、それに合わせて2つの眼の方向に映像を選択的に映し出すと同時に眼の焦点位置において実際にピントが合うようにディスプレイを調整することができる。これを行うための情報(2つの瞳孔の三次元位置および両目の視線の交差した点、3D視点)を本システムから得ることができる。また、視線による3次元的なポインティングが可能となる。

すなわち、普通の2Dディスプレイと片目による視点マウスにおいては、単に2次元平面に並んだウインドウの選択に視点マウスが用いられるだけだが、上述の本格的な3Dディスプレイにおいては、ウインドウが3D空間に配列されることになり、奥に隠れているウインドウを三次元視点により瞬時に手前に表示させることなどができる。このように、本システムは立体的なポインティングにも使用できる。

実施例 4

[0044] これまで述べた構成により、2つの瞳孔の三次元位置を計測することができる。瞳孔は、視線の出所であり、したがってユーザがどこから見ているか(どこを見ているかではなく)がわかる。

1つの応用としては、仮想現実や現実の世界において、ユーザの前方にスクリーンと壁があり、その先をみることができないと仮定する(図17)。しかし、スクリーンの先には、スクリーンに映し出す画像を撮影するためのカメラがおいてあるとし、スクリーン以外のところは壁があるとする。

このとき、あたかもスクリーンが窓であり、窓の外を眺めるように作用させることができる。つまり頭部が動いたら(図18)、それに合わせて、広角のカメラで撮影した画像の内の一部をスクリーンに表示させるわけである。このように臨場感あふれた形態で必要な画像を表示することができる。

本発明者が提案する「瞳孔移動によるポインティングシステム」の概念では、単にカメラフレーム内の瞳孔の動きをカーソルの動きに反映させたものであったが、本方式では、瞳孔の三次元位置がわかるために、スクリーンに対する奥行き方向の頭部の動きを反映させることができる。

[0045] スクリーンとカメラの配置は、応用により異なる。いずれにしても、拡大して映し出している画像において隠れて見えていない場所を頭部の動きによって窓の外を覗くよう

に見ることができるものである。よってスクリーンに映し出す画像は、必ずしもすぐそばのものである必要はなく、遠方のものや、ミクロの世界のものを拡大撮影したものでもよい。頭を左右、上下に動かすことにより(回転でもよい)、見たい部分を変え、さらに頭部の前後の動きにより、拡大率を大きく変化させ、好きなアングル、拡大率で対象を見ることができる。

したがって、パソコンと組み合わせて使用すれば、3次元物体(例えば分子モデル)をパソコン画面に表示してそれを回転させるなどして見たいとき、通常はデスクトップパソコン用のマウスを利用するが、本装置を利用すれば、頭を回転させたり、平行移動させたりするだけで、対象の物体を自然な雰囲気ですべて自由に動かすことができるようになる。

この方式では、このままだと、2つの眼に同一の映像が映ることになる。これが、不都合であれば、3Dディスプレイを用いて、カメラも2台用いて、左右の眼に、別々のカメラからの映像を入射させればよい。

実施例 5

[0046] この応用には、セキュリティーシステムなど人に見られたくない環境で有用である。たとえば、銀行のATM のシステムなどの使用時に、他人に覗き込まれても、ディスプレイが見えないようにするために、使用者の2つの瞳孔位置もしくはその近傍の方向からしか、ディスプレイが見えないようにディスプレイを制御する方式に使用できる。

同様に、周囲に人がいる中で(例えば、新幹線の中で)他人に見られたくないパソコン作業をしたいとき、ある特定の方向にからしか内容が見えないようにできるディスプレイを本方式と組み合わせることによって、操作している人にしか見えないようにできる。

この目的のためには、液晶ディスプレイのような視野角が狭く、かつ制御可能な表示装置が好適である。

この方法では、べつの利点がある。強い指向性をディスプレイに持たせることができるため、電気消費量を少なくして強い光を眼に送り込むことができる。

実施例 6

[0047] また、他の実施形態として電子図書の分野が考えられる。電子図書の利点の一つ

として、専用装置を用いることにより、ページめくりがボタン1つでできることが挙げられる。しかし、相変わらず手による操作が必要である。このような、電子図書用専用装置に視点検出手段を組み合わせれば、例えば縦書きテキストにおいて視点が左から右に大きく動いたら自動的にページがめくれるようにできる。または、画面あるいは装置の左下にページめくり用のボタン領域を設け、それに視点が一致したら自動的にページがめくれるようにできる。このような装置によれば、手を使わずにベッド等に横になりながら本が読めるようになる。これにより、読書は楽になり、電子図書の利点が更に増すこととなる。四肢麻痺患者にとっては非常に有効な手段となる。本発明の視点検出手段は小型化が可能であり、このような形態の実施が容易である。

ここでは、電子図書用専用装置に視点検出手段を組み合わせるものとして説明したが、ノートパソコン使用状況下であっても有効であり、液晶ディスプレイの周辺に2つのカメラを埋め込めば、ユーザの視線を利用して、アクティブウインドウの選択や、高速マウス移動などに視線を利用できる。

産業上の利用可能性

[0048] 本発明の視線検出方法および装置は、人間の行動の監視の分野、人間の生活環境または作業環境における視線入力手段として広く利用できる。電子装置の製造の分野、電子計算機の使用環境における利用が予定される。

[0049] 本発明の三次元視点計測装置は、以下の利用可能性がある。

1. 最低2台のカメラと2個の光源で両目の視線が同時測定できることで、輻輳角(両目の視線のなす角度)が計測でき、奥行き方向の視点(両目の視線の交差点)が計測でき、どのくらいの距離のところを見ているかもわかる。結果的に3次元空間における視点がわかる(両目の視線の交差した点、3D視点)。
2. 2つの瞳孔の三次元位置を計測することができる。瞳孔は、視線の出所であり、したがってユーザがどこから見ているか(どこを見ているかではなく)がわかる。したがって、どこから見ているかを厳密に知る必要のあるシステムにおいて有効である。

(従来は、頭部に磁気センサ等を取り付けて頭の動きを計ることによってこれを実現しなければならなかったが、頭部にセンサを取り付けねばならないだけでなく、瞳孔のありかを正確に測ることができなかった)

3. 本方式は、駆動部がなく、2個のカメラは固定されているので、実現が容易である。

また、カメラの感度さえあれば、カメラの開口部を小さくできるし、光源も高輝度のものを製作すれば、小型化が容易である。

4. 2つのカメラの両方で視線検出ができるため、それらから得られる検出結果を平均するなどの処理により、より視線精度を高めることができる。

請求の範囲

- [1] 座標系に対する瞳孔の位置を測定するための第1のカメラと、
前記座標系の既知の位置に配置され角膜反射点を形成するための光源を備え、瞳孔の中心と角膜反射点間の距離 r と前記距離 r の前記座標系の座標軸に対する角度 ϕ のデータを取得する第2のカメラとを用いて前記各カメラからの情報により下記のステップを実行する視線方向を演算する演算手段とを用いる被検者の視線検出方法であって、
前記座標系の既知の一点 G に被検者を注目させ、前記第1のカメラにより前記被検者の瞳孔の位置の座標点 O に関するデータを取得するステップと、
前記被検者の状態において、前記第2のカメラにより角膜反射点のデータと前記反射点と瞳孔中心 P までの距離 r と前記座標軸と前記 r との傾き ϕ を取得するステップと、
演算手段により前記第2のカメラの基準位置と瞳孔の中心を結ぶ線と前記被検者の視線との角度 θ を算出するステップと、
前記測定値および算出値に基づいて r に関連する r^* と θ の関係を示す式 $\theta = f(r^*)$ を算出するステップとを含む関係式決定段階とおよび
前記座標系の未知の一点 G' に被検者を注目させ、前記第1のカメラにより前記被検者の瞳孔の位置の座標点 O' に関するデータを取得するステップと、
前記第2のカメラにより角膜反射点のデータと前記反射点と瞳孔中心 P までの距離 r' と前記座標軸と前記 r' との傾き ϕ' を取得するステップと、
前記関係式を用いて $\theta' = f(r'^*)$ を算出し、前記傾き ϕ' 、 θ' から未知の一点 G' を得るステップとを含む視線決定段階と、
から構成した被検者の視線検出方法。
- [2] 請求項1記載の方法において、 r^* は r それ自身か r を OP に基づいて補正した値であり、 r'^* は r' それ自身か r' を OP' に基づいて補正した値である請求項1記載の被検者の視線検出方法。
- [3] 前記第1のカメラは座標系の水平軸方向に基線を一致して配置されたステレオカメラであり、前記第2カメラの光源は第2のカメラの光軸と実質的に一致する光軸を備え

る請求項1記載の被検者の視線検出方法。

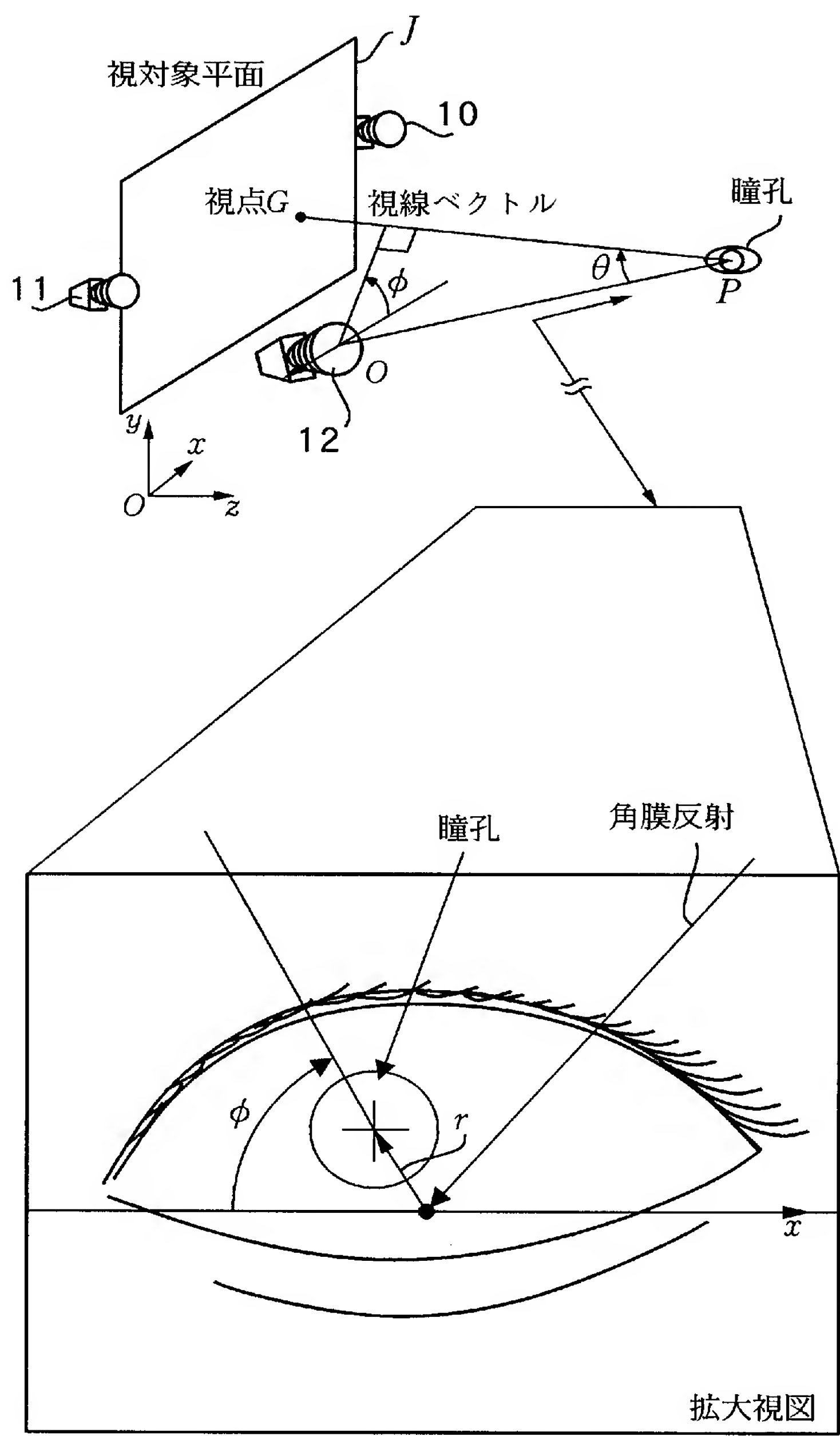
- [4] r^* と θ の関係を示す式 $\theta = f(r^*)$ は、 $\theta = k \times r^*$ (ただし k は定数) で与えられる請求項1記載の被検者の視線検出方法。
- [5] 前記瞳孔は被検者の何れか一方の瞳孔である請求項1記載の被検者の視線検出方法。
- [6] 座標系に対する瞳孔の位置 P を測定するための第1のカメラと、
前記座標系の既知の位置に配置された光源および前記光源で照射された瞳孔の中心と角膜反射点間の距離 r と r の前記座標軸に対する角度 ϕ のデータを取得する第2のカメラと、
前記座標系の既知の一点 G に被検者を注目させ、前記第1のカメラにより前記被検者の瞳孔の位置の座標点 P に関するデータを取得し、
前記被検者の状態において、前記第2のカメラにより角膜反射点のデータと前記反射点と瞳孔中心 P までの距離 r と前記座標軸と前記 r との傾き ϕ を取得し、
前記第2のカメラの基準位置と瞳孔の中心を結ぶ線と前記被検者の視線との角度 θ を算出し、 r に関連する r^* と θ の関係を示す式 $\theta = f(r^*)$ を算出し、
前記座標系の未知の一点 G' に被検者を注目させ、前記第1のカメラにより前記被検者の瞳孔の位置の座標点 O' に関するデータを取得し、
前記第2のカメラにより角膜反射点のデータと前記反射点と瞳孔中心 P までの距離 r' と前記座標軸と前記 r' との傾き ϕ' を取得し、
前記関係式を用いて r' に関連する r^* から $\theta' = f(r^*)$ を算出し、さらに ϕ' 、 θ' から未知の一点 G' を得るステップを実行する演算手段と、
から構成した被検者の視線検出装置。
- [7] 第1のカメラと、第2のカメラと、前記第1のカメラの近傍に配置された第1の光源と、前記第2のカメラの近傍に配置された第2の光源と、前記第1の光源及び前記第2の光源の点灯・消灯を制御すると共に点灯・消灯に同期した画像信号を得る制御手段と、得られた画像信号から瞳孔及び角膜反射を抽出する演算手段とからなる三次元視点計測装置。
- [8] 第1のカメラと、第2のカメラと、前記第1のカメラの近傍に配置された第1の光源と、

前記第2のカメラの近傍に配置された第2の光源と、前記第1の光源及び前記第2の光源の点灯・消灯を制御すると共に点灯・消灯に同期した画像信号を得る制御手段と、得られた画像信号から瞳孔及び角膜反射を抽出し、これらの位置から視線ベクトルを算出する演算手段とからなる三次元視点計測装置。

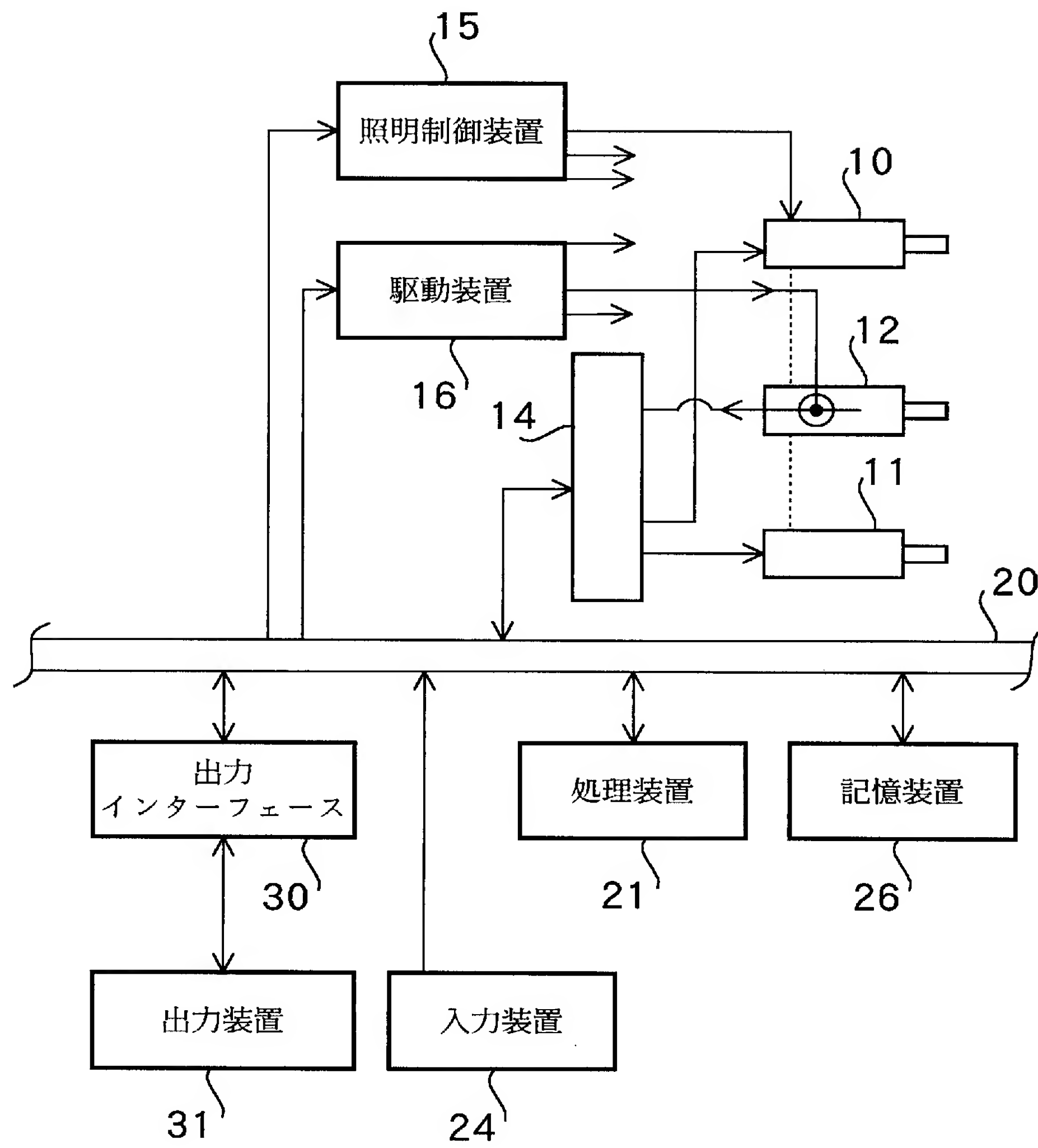
- [9] 第1のカメラと、第2のカメラと、前記第1のカメラの近傍に配置された第1の光源と、前記第2のカメラの近傍に配置された第2の光源と、前記第1の光源及び前記第2の光源の点灯・消灯を制御すると共に点灯・消灯に同期した画像信号を得る制御手段と、得られた画像信号から瞳孔及び角膜反射を抽出し、これらの位置から瞳孔の三次元位置を算出する演算手段とからなる三次元視点計測装置。

- [10] 前記第1の光源と前記第2の光源の発光波長はほぼ同一である請求項7乃至9記載の三次元視点計測装置。

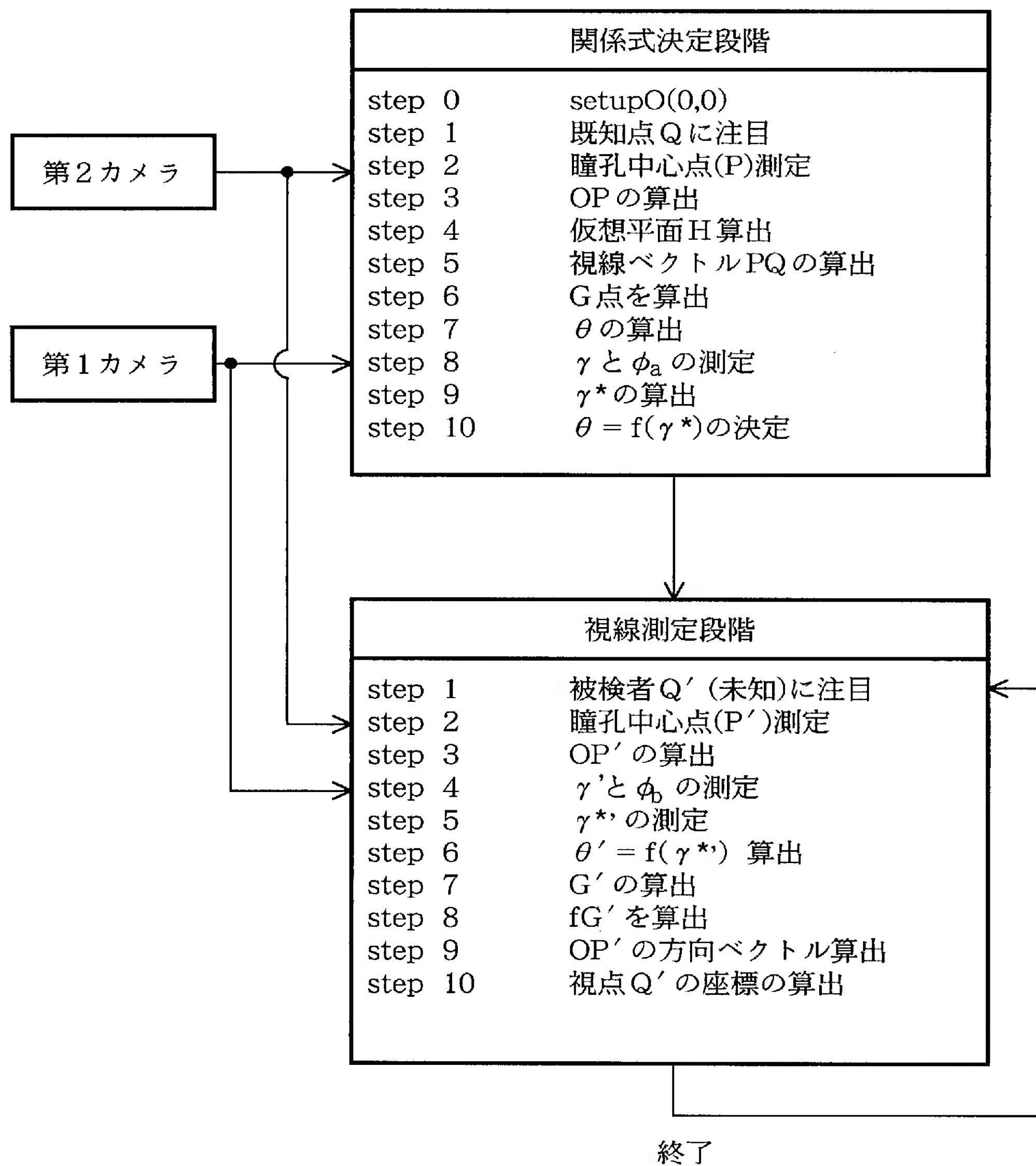
[図1]



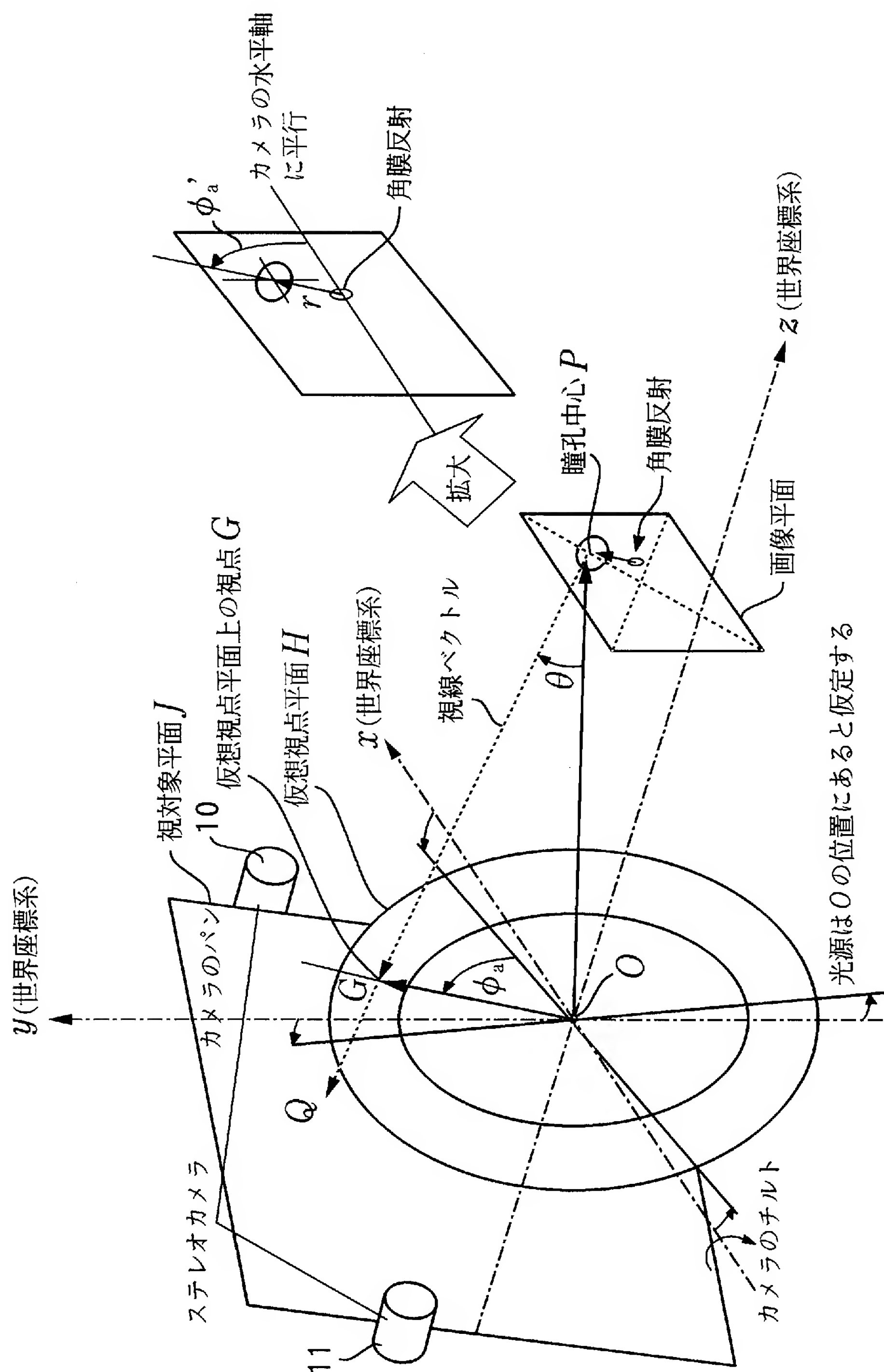
[図2]



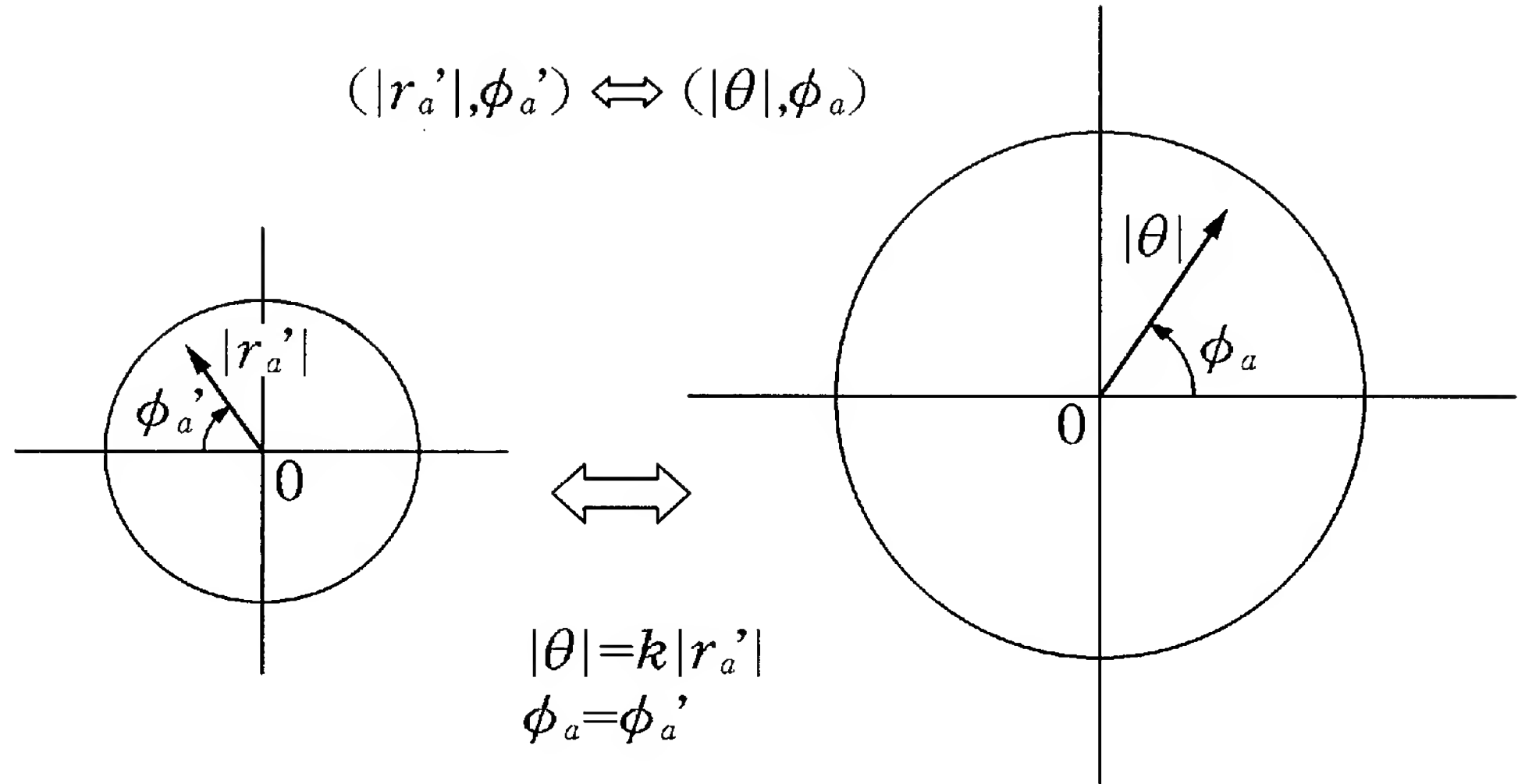
[図3]



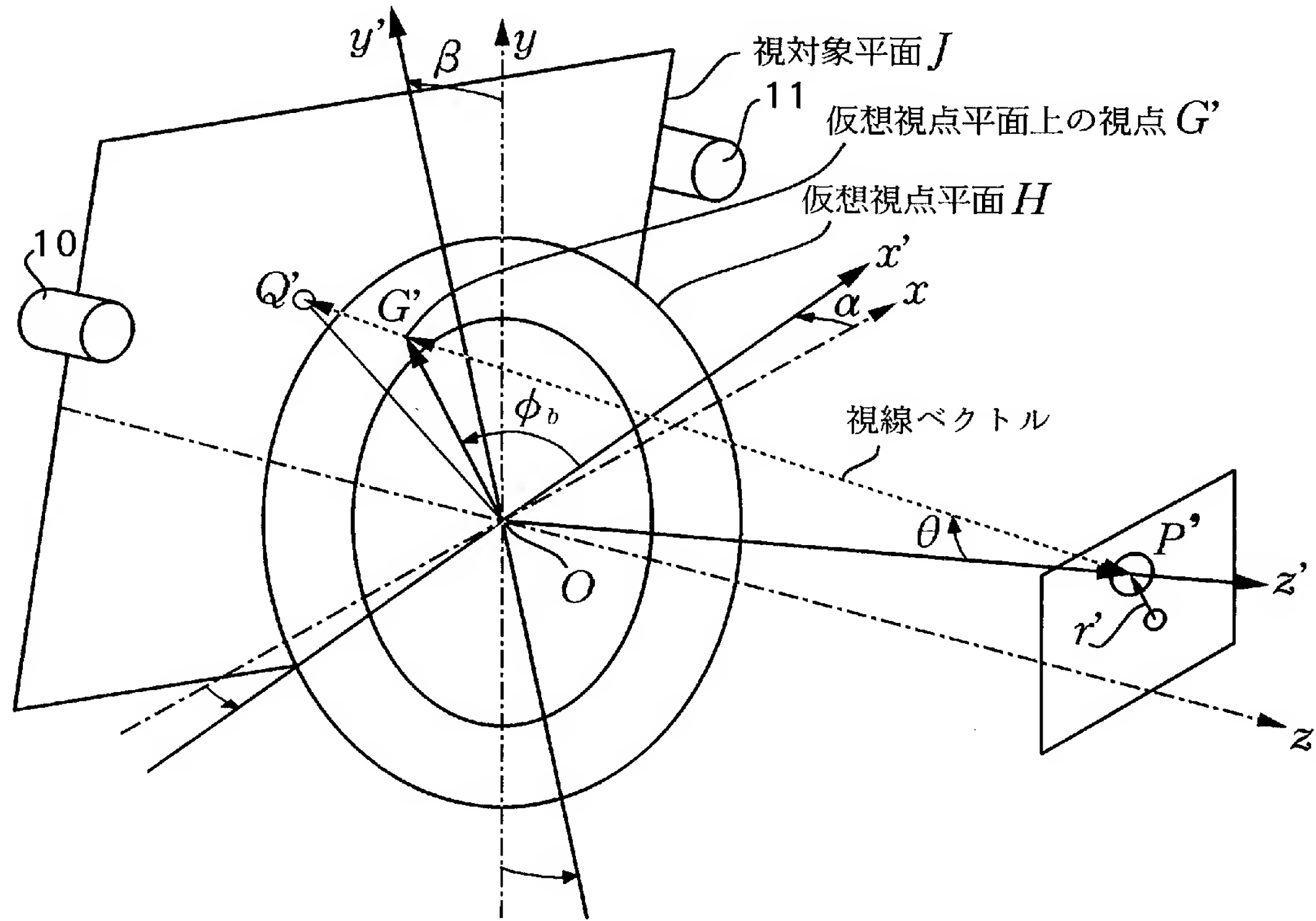
[図4]



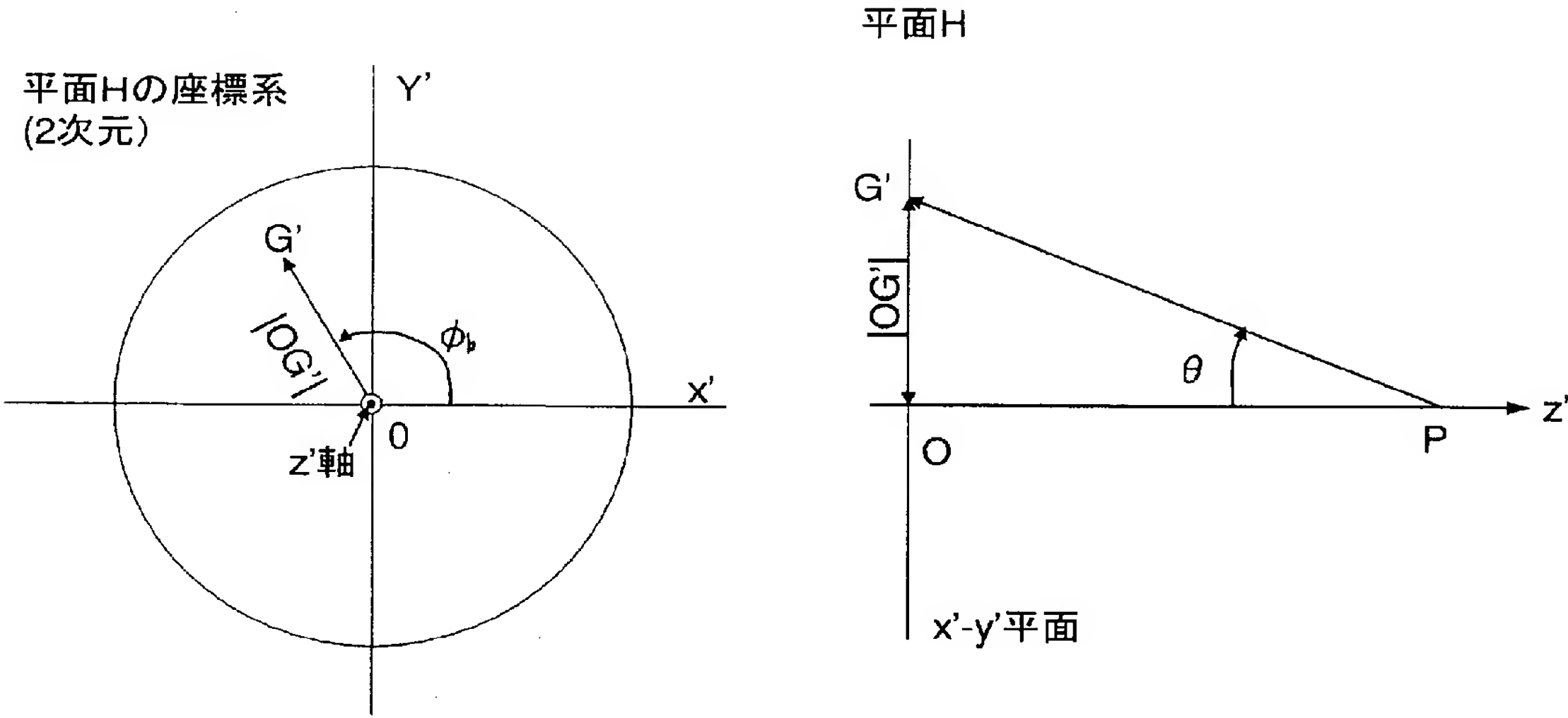
[図5]



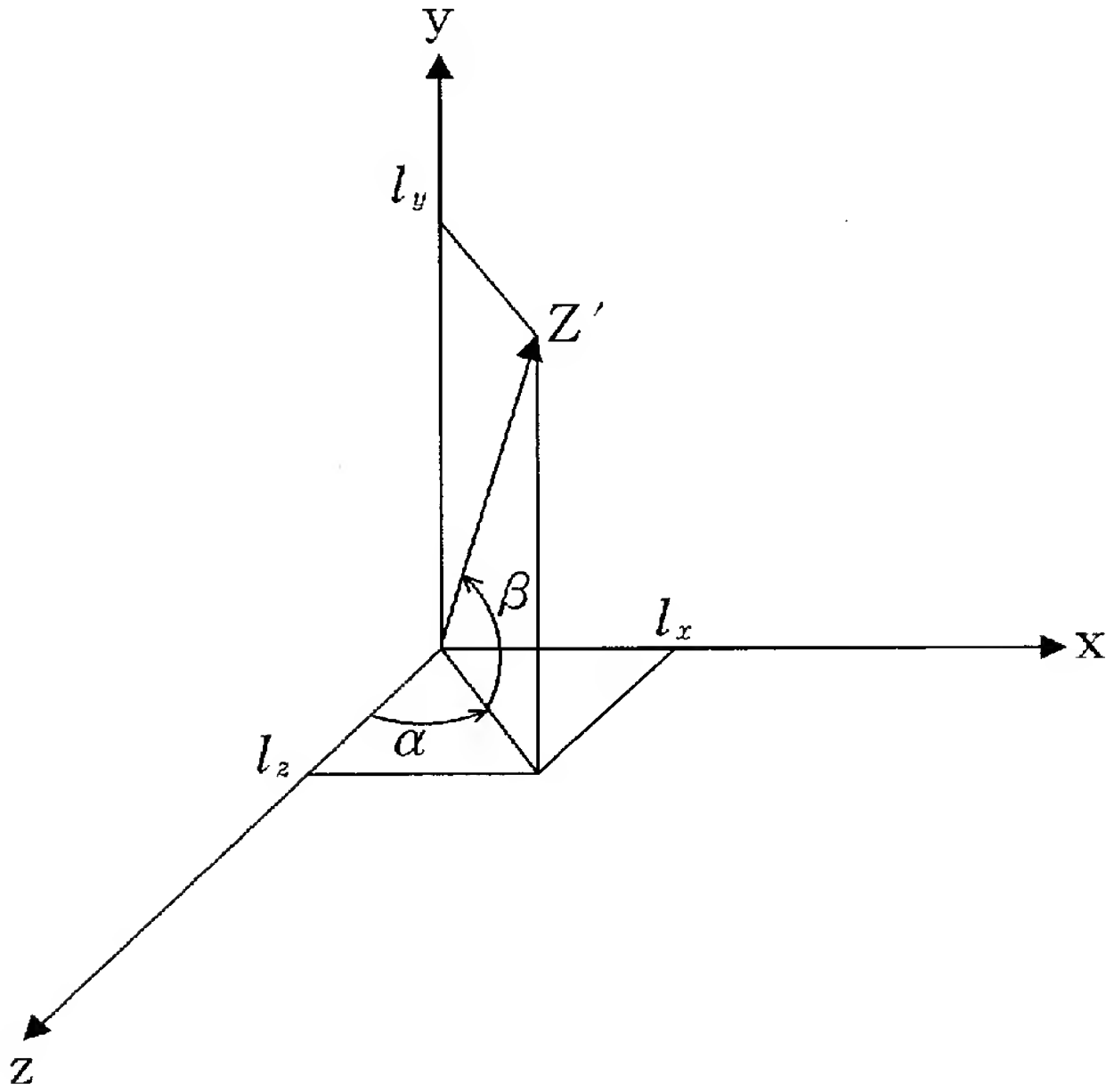
[図6]



[図7]

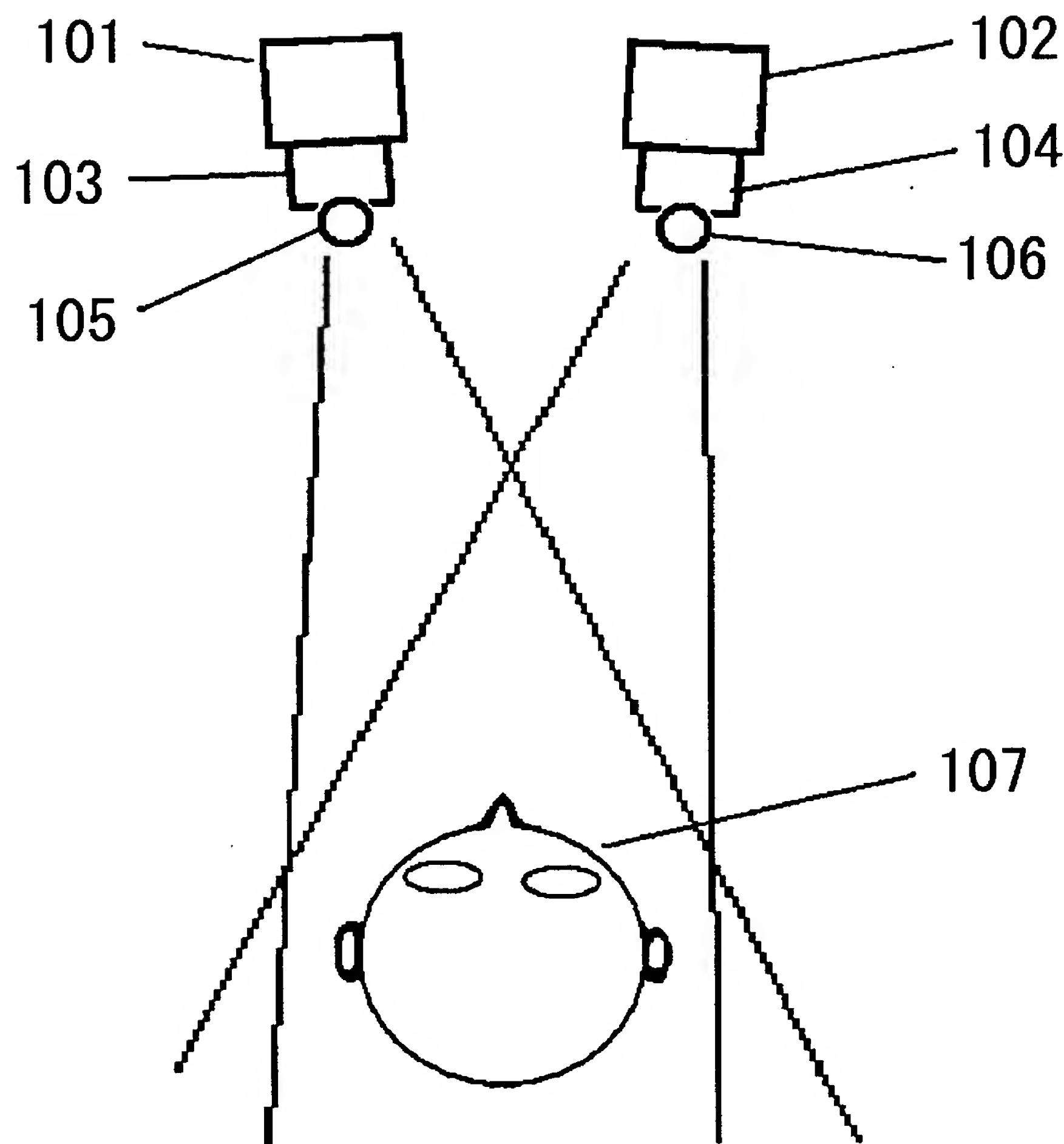


[図8]



$$\cos\alpha = \frac{l_z}{\sqrt{l_x^2 + l_z^2}} \quad \cos\beta = \frac{\sqrt{l_x^2 + l_z^2}}{\sqrt{l_x^2 + l_y^2 + l_z^2}}$$
$$\sin\alpha = \frac{l_x}{\sqrt{l_x^2 + l_z^2}} \quad \sin\beta = \frac{l_y}{\sqrt{l_x^2 + l_y^2 + l_z^2}}$$

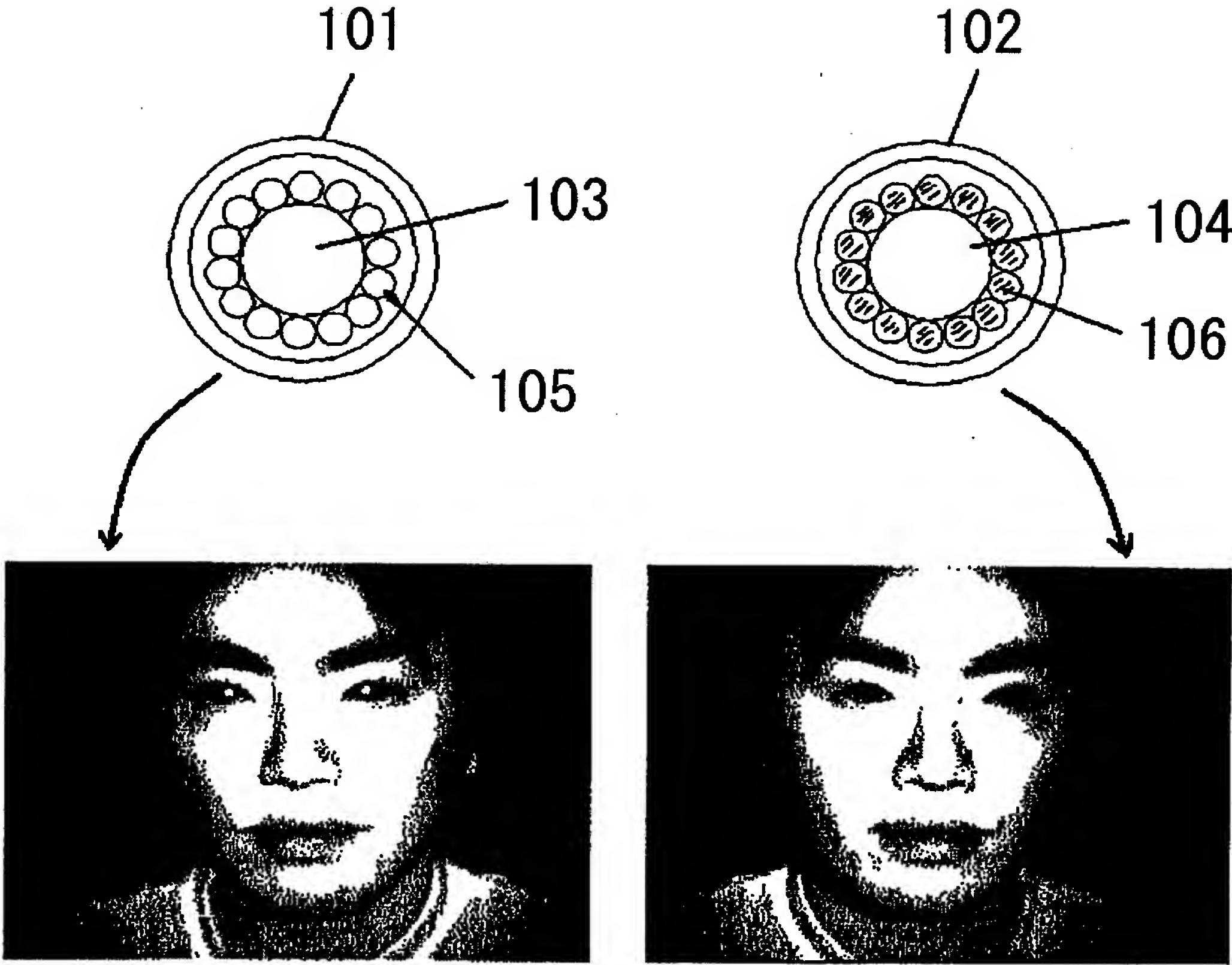
[図9]



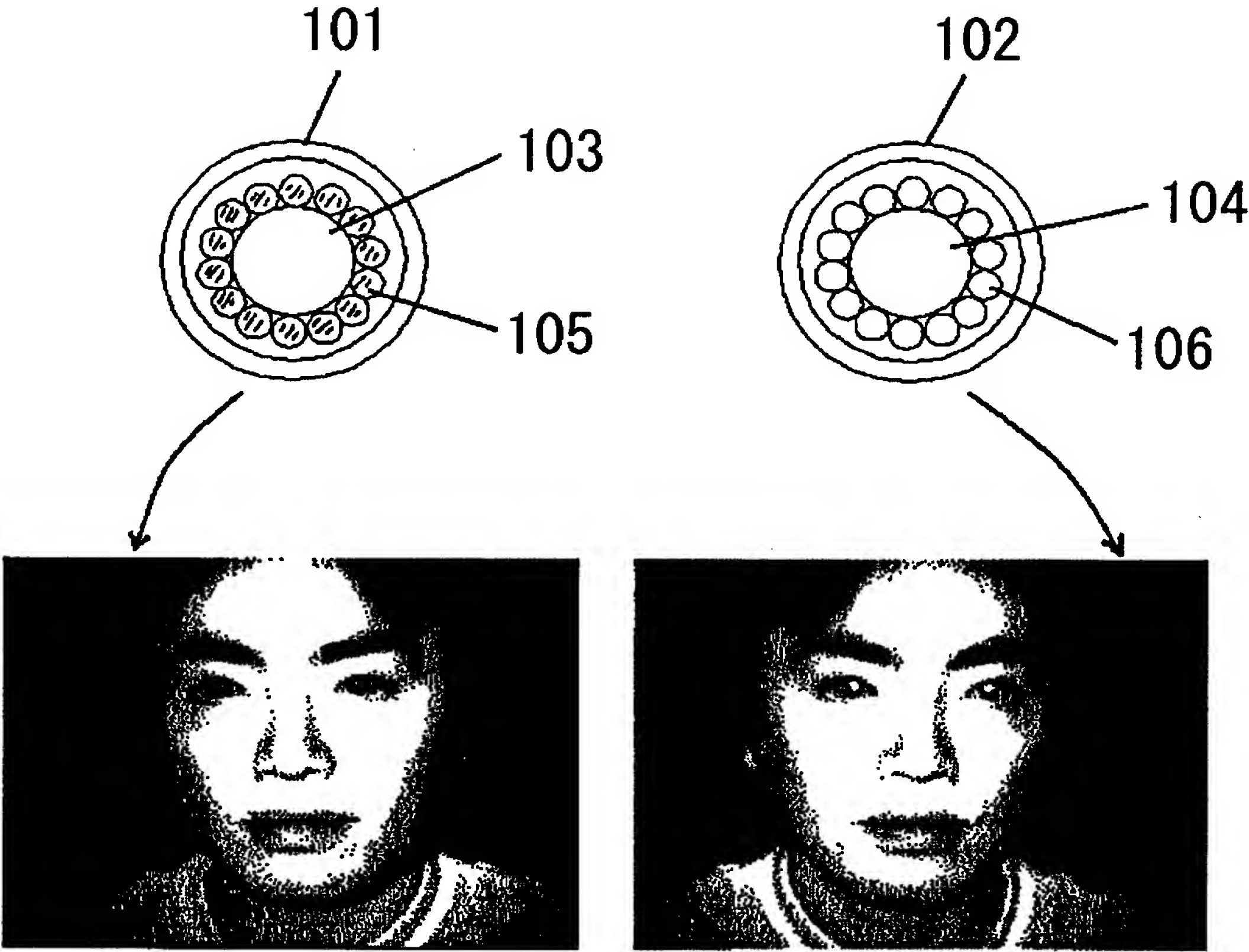
[図10]

フィールド	光源 105	光源 106	1カメラ101 に写る瞳孔	2カメラ102に 写る瞳孔
奇数	点灯	消灯	明瞳孔	暗瞳孔
偶数	消灯	点灯	暗瞳孔	明瞳孔
奇数	点灯	消灯	明瞳孔	暗瞳孔
偶数	消灯	点灯	暗瞳孔	明瞳孔
奇数	点灯	消灯	明瞳孔	暗瞳孔
偶数	消灯	点灯	暗瞳孔	明瞳孔
奇数	点灯	消灯	明瞳孔	暗瞳孔
偶数	消灯	点灯	暗瞳孔	明瞳孔

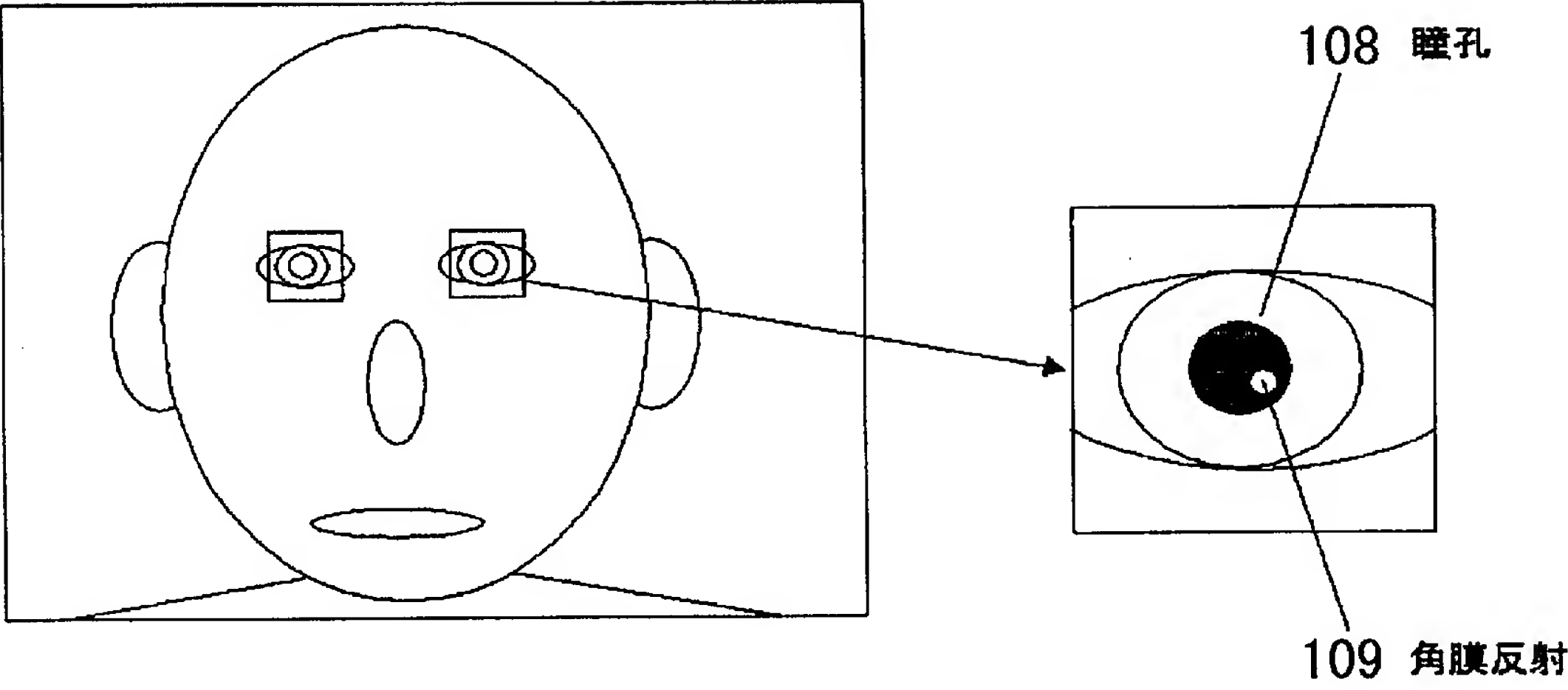
[図11]



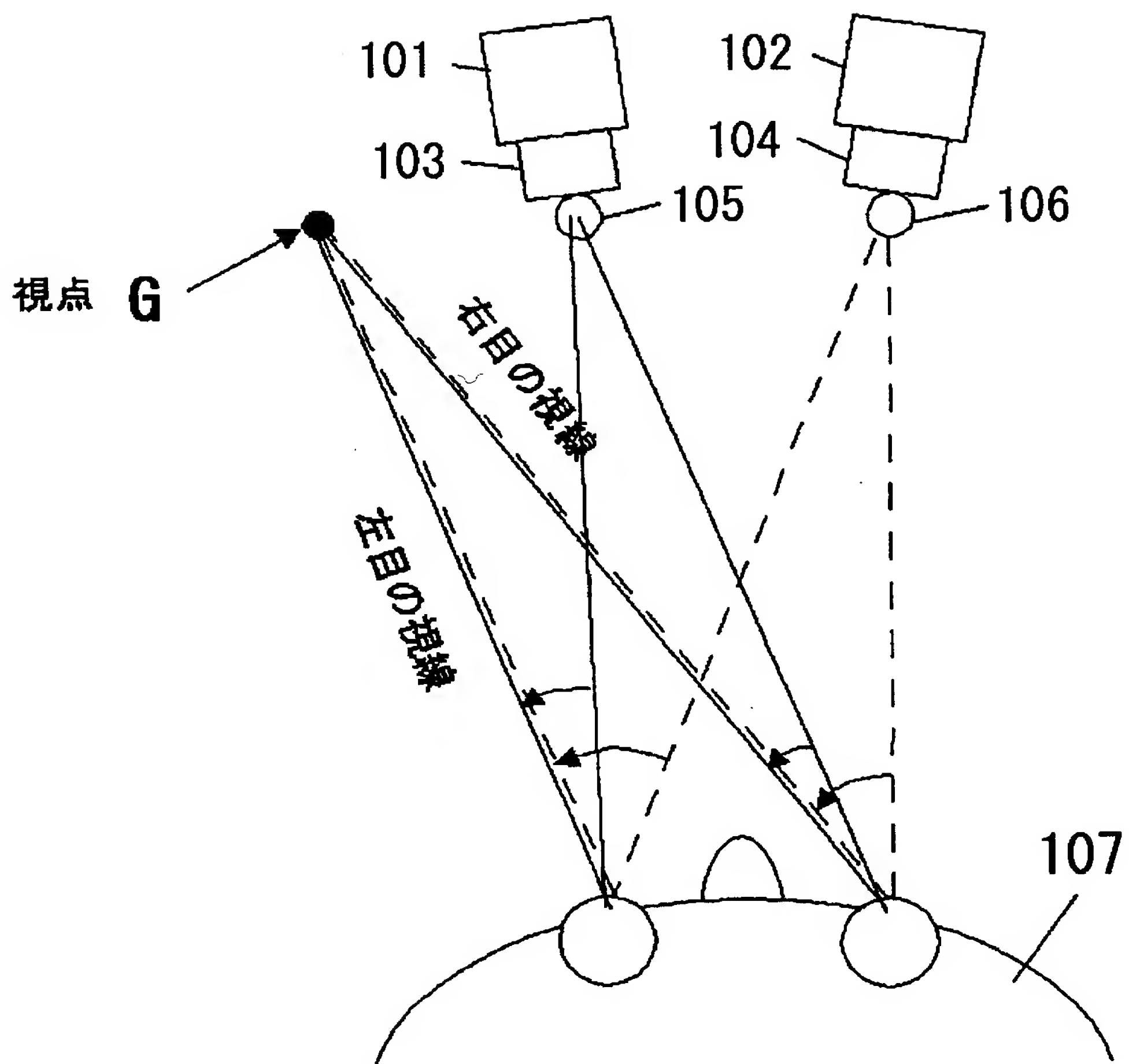
[図12]



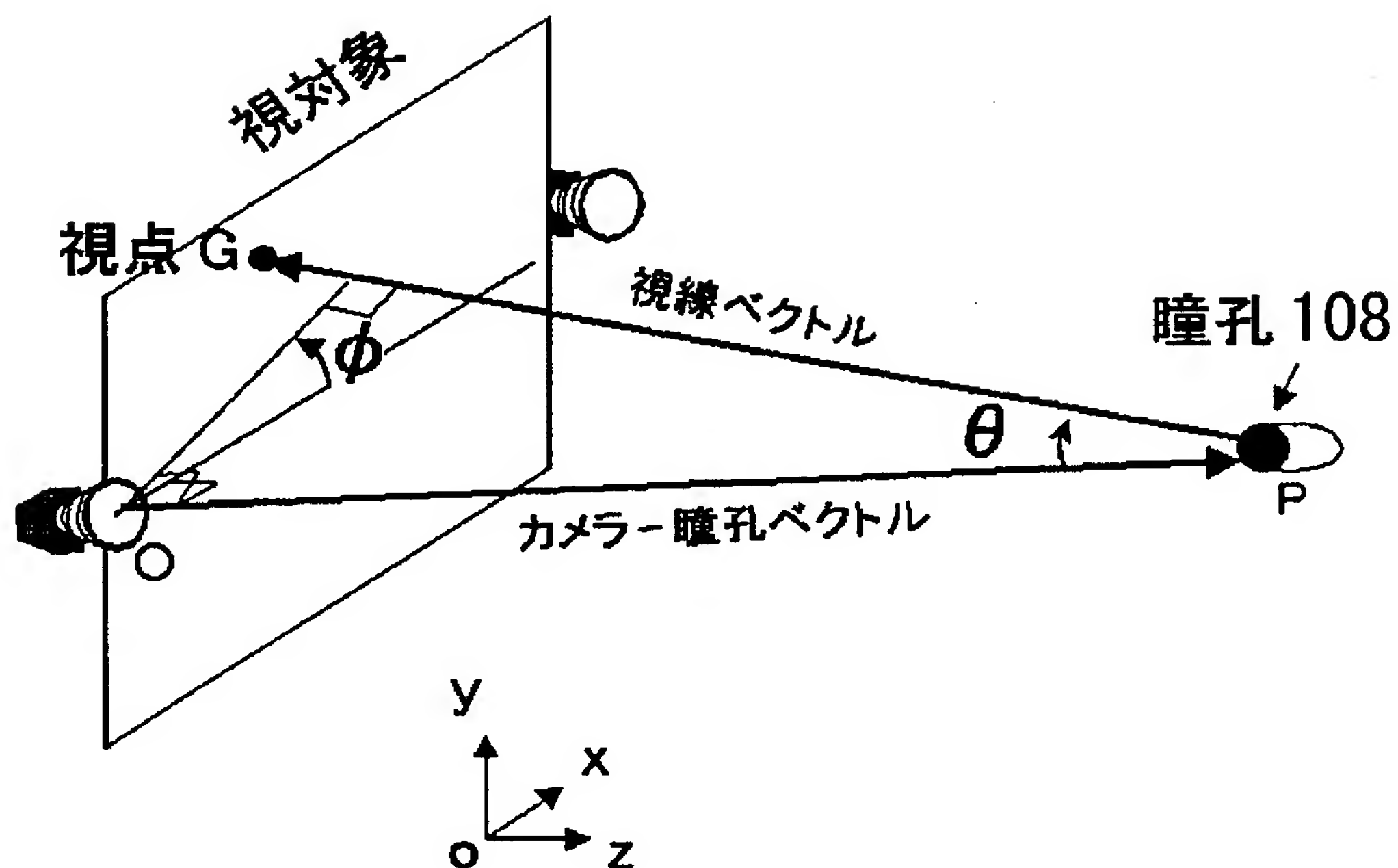
[図13]



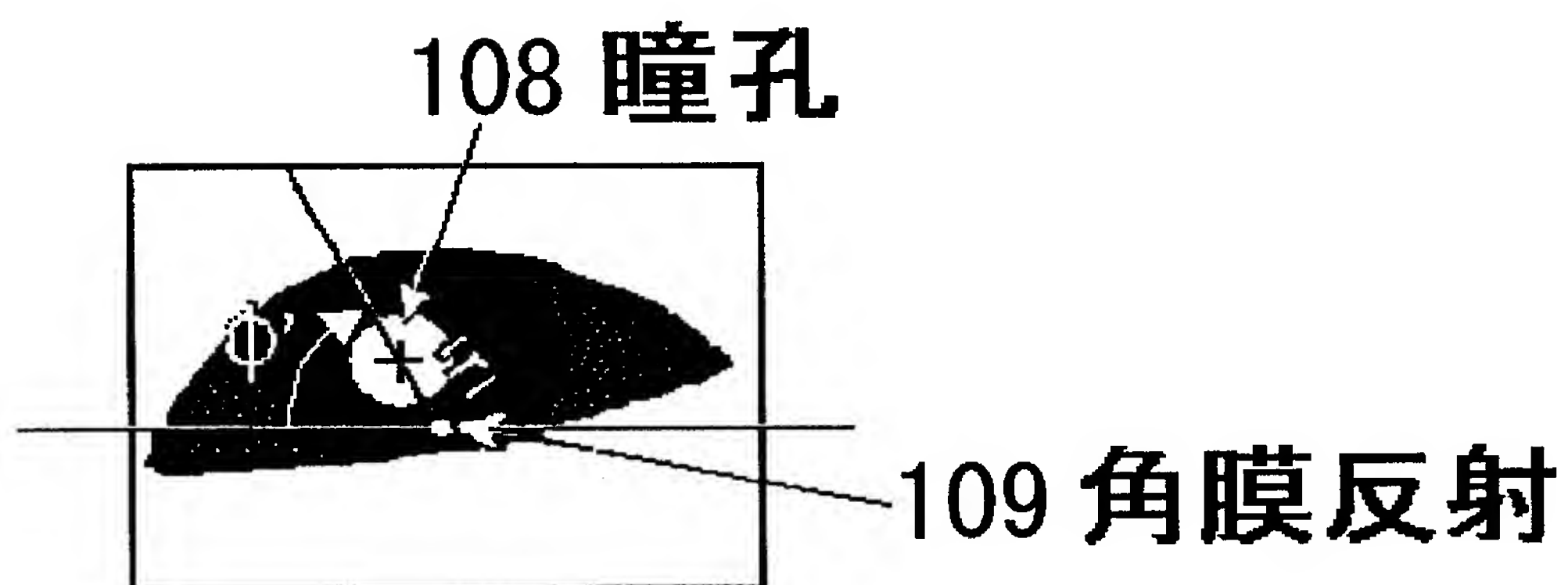
[図14]



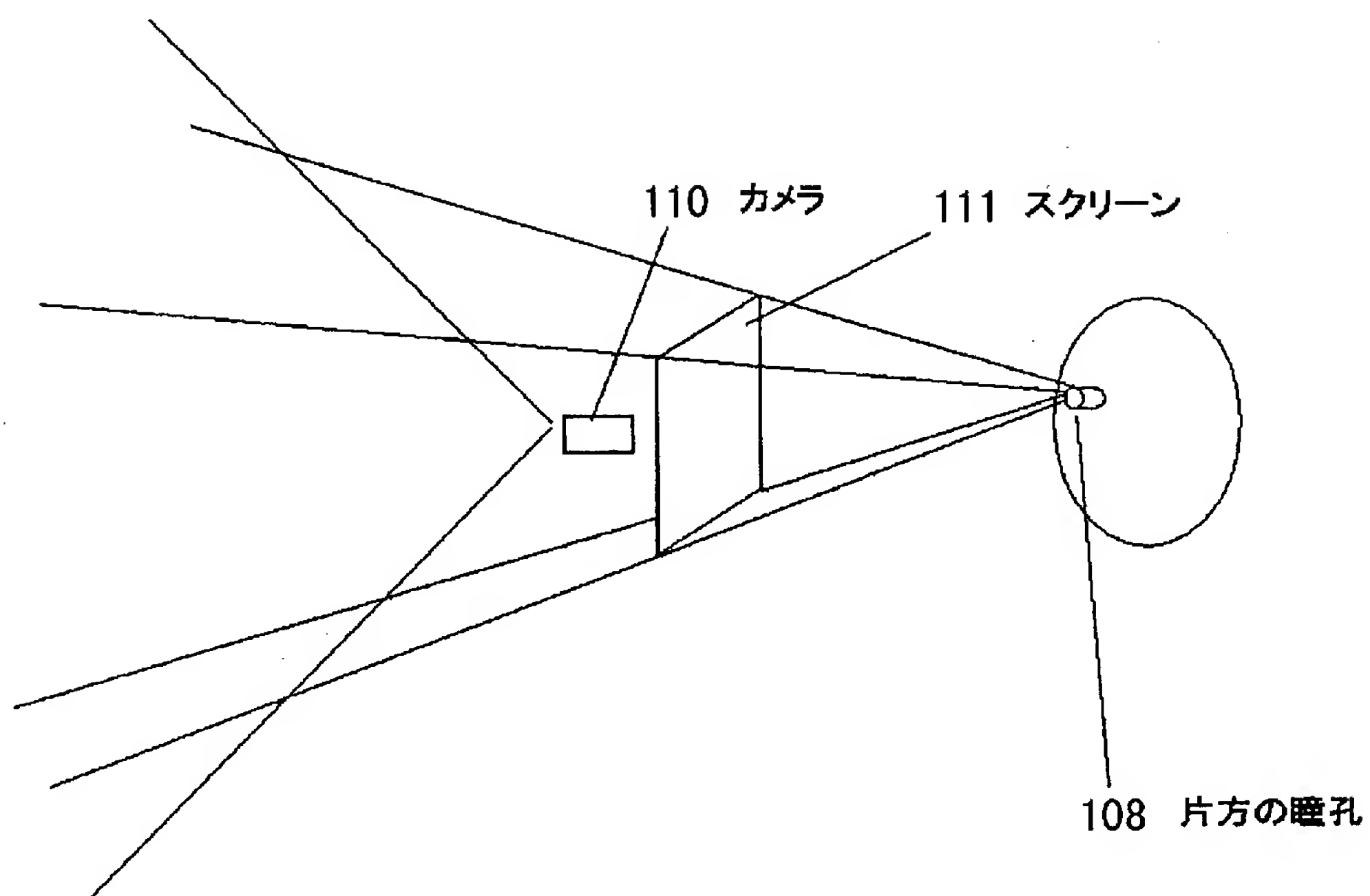
[図15]



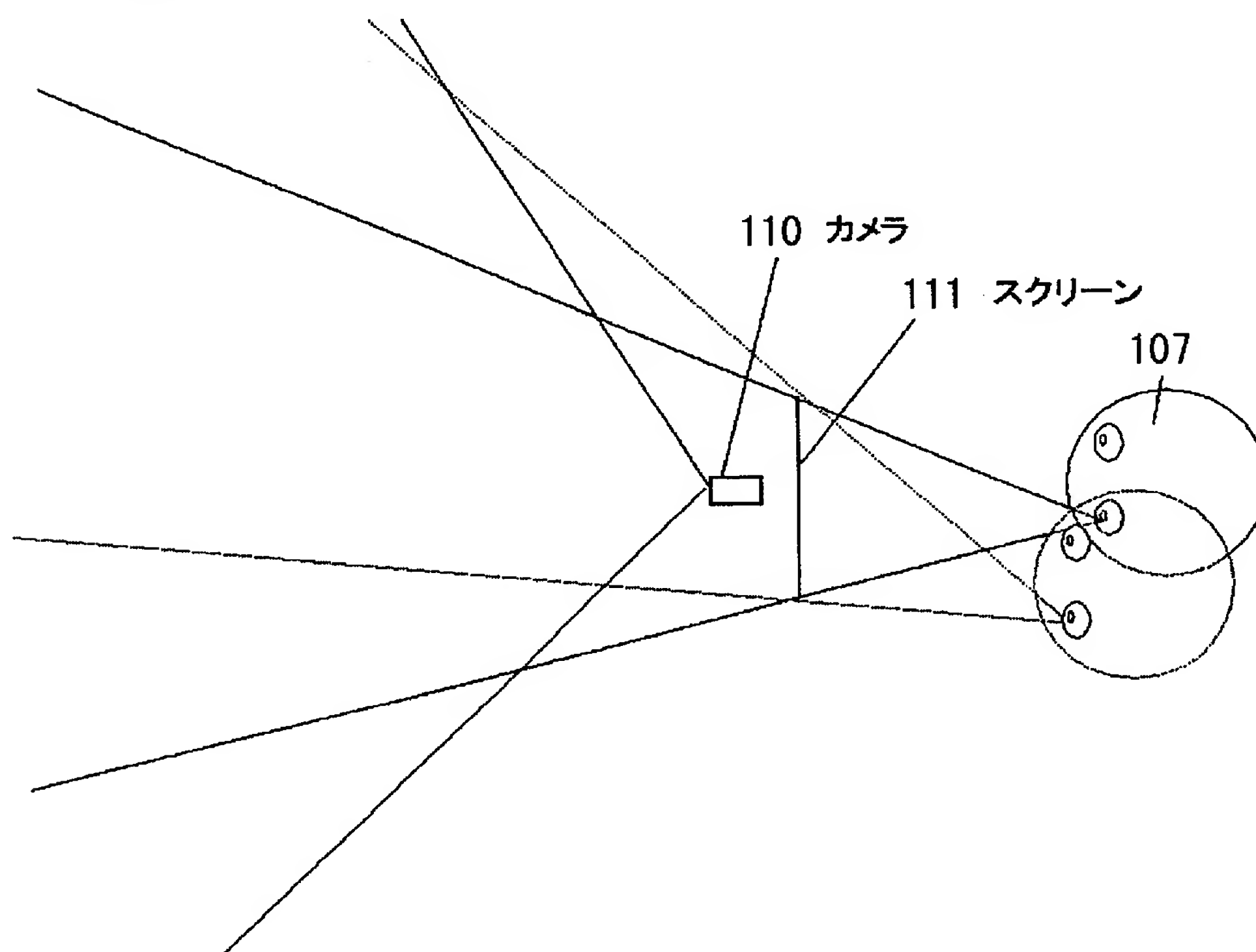
[図16]



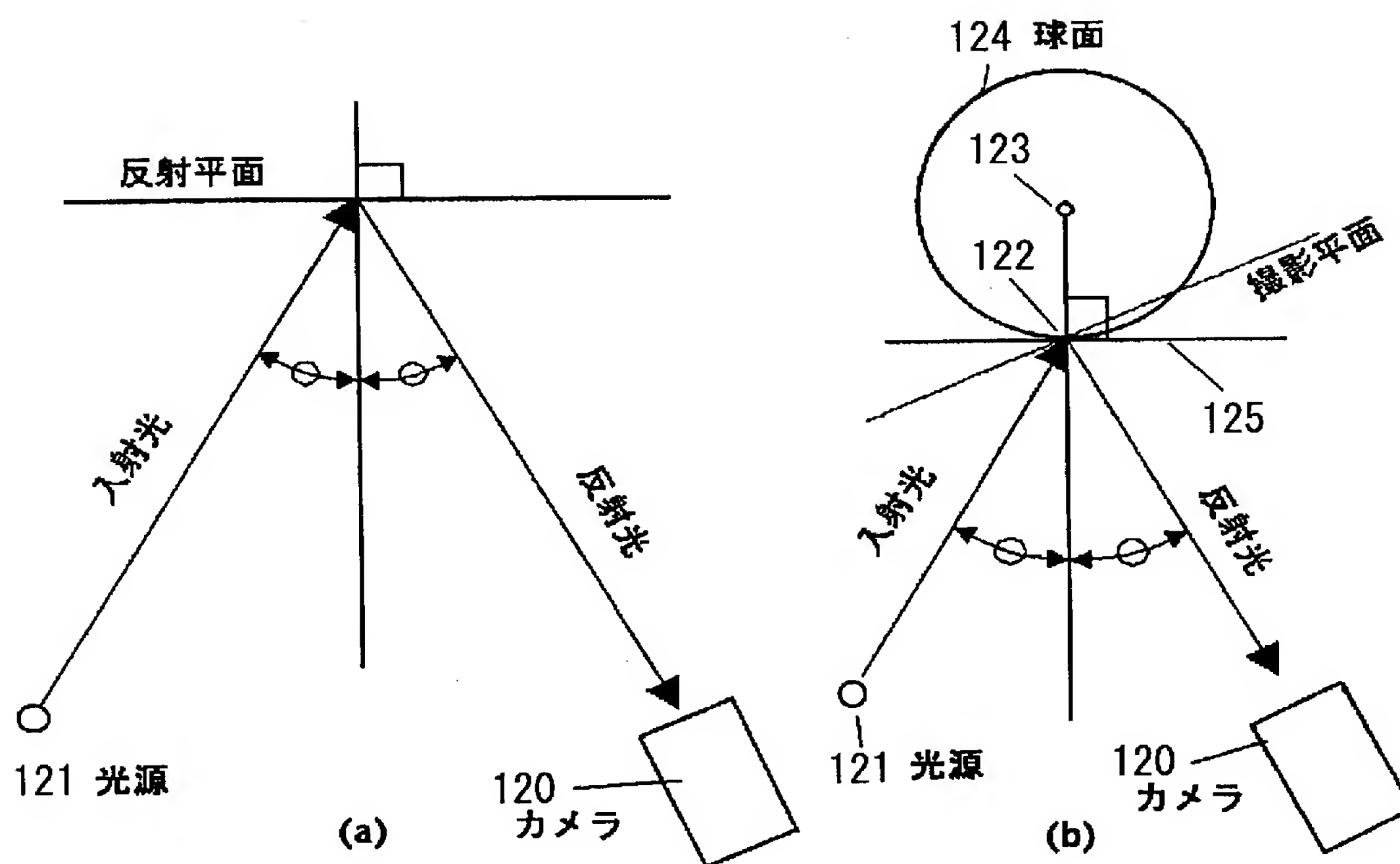
[図17]



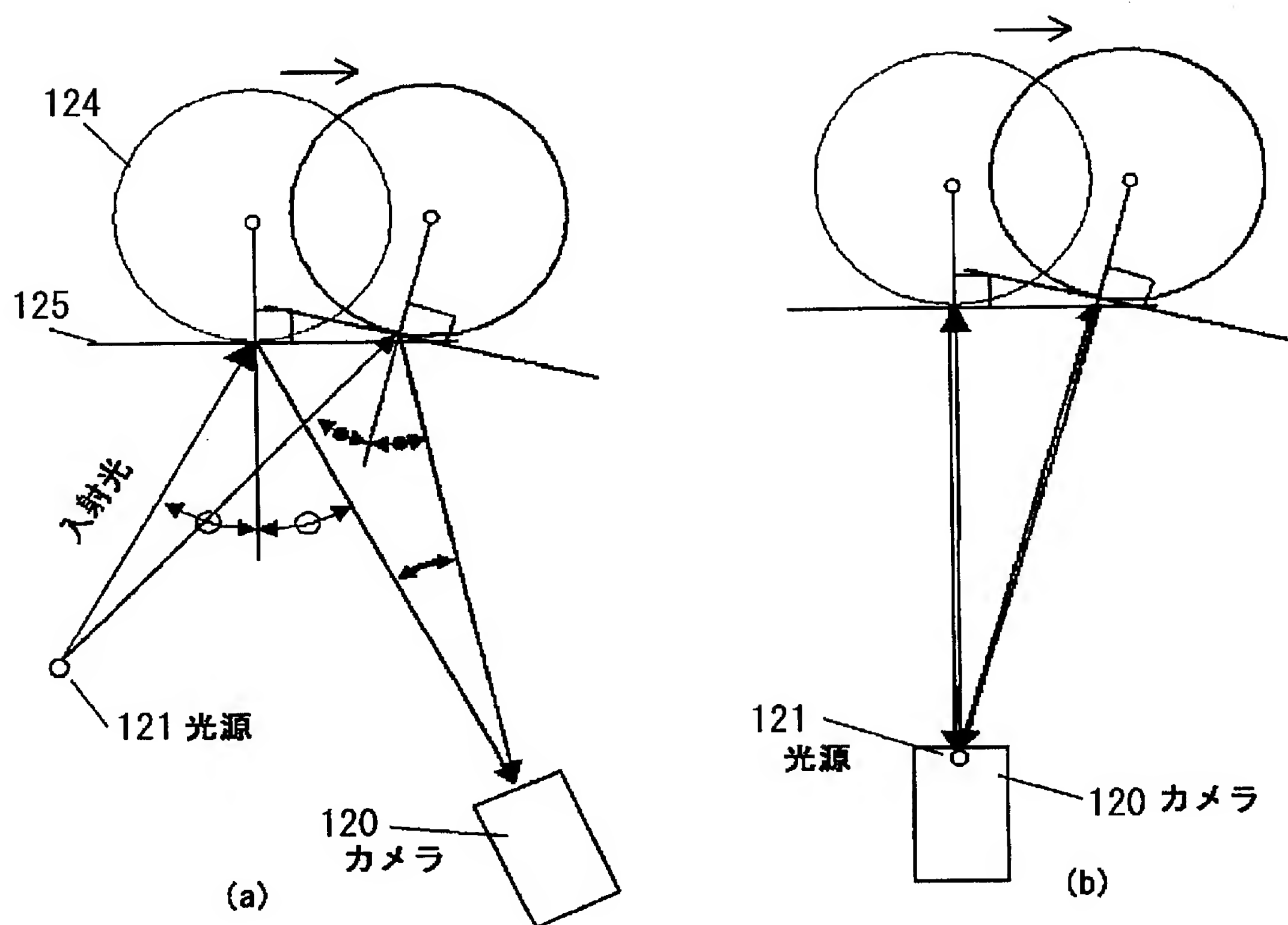
[図18]



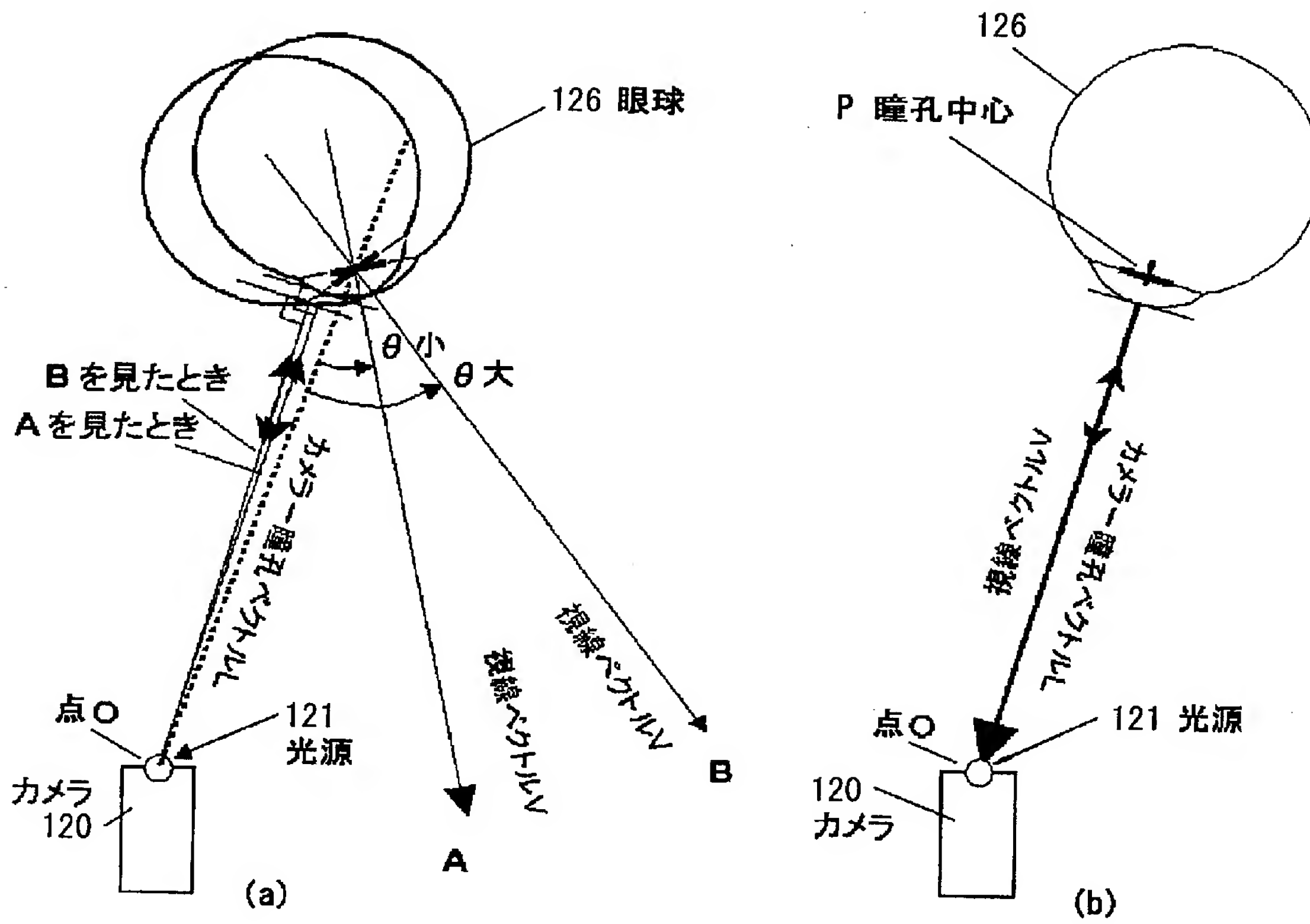
[図19]



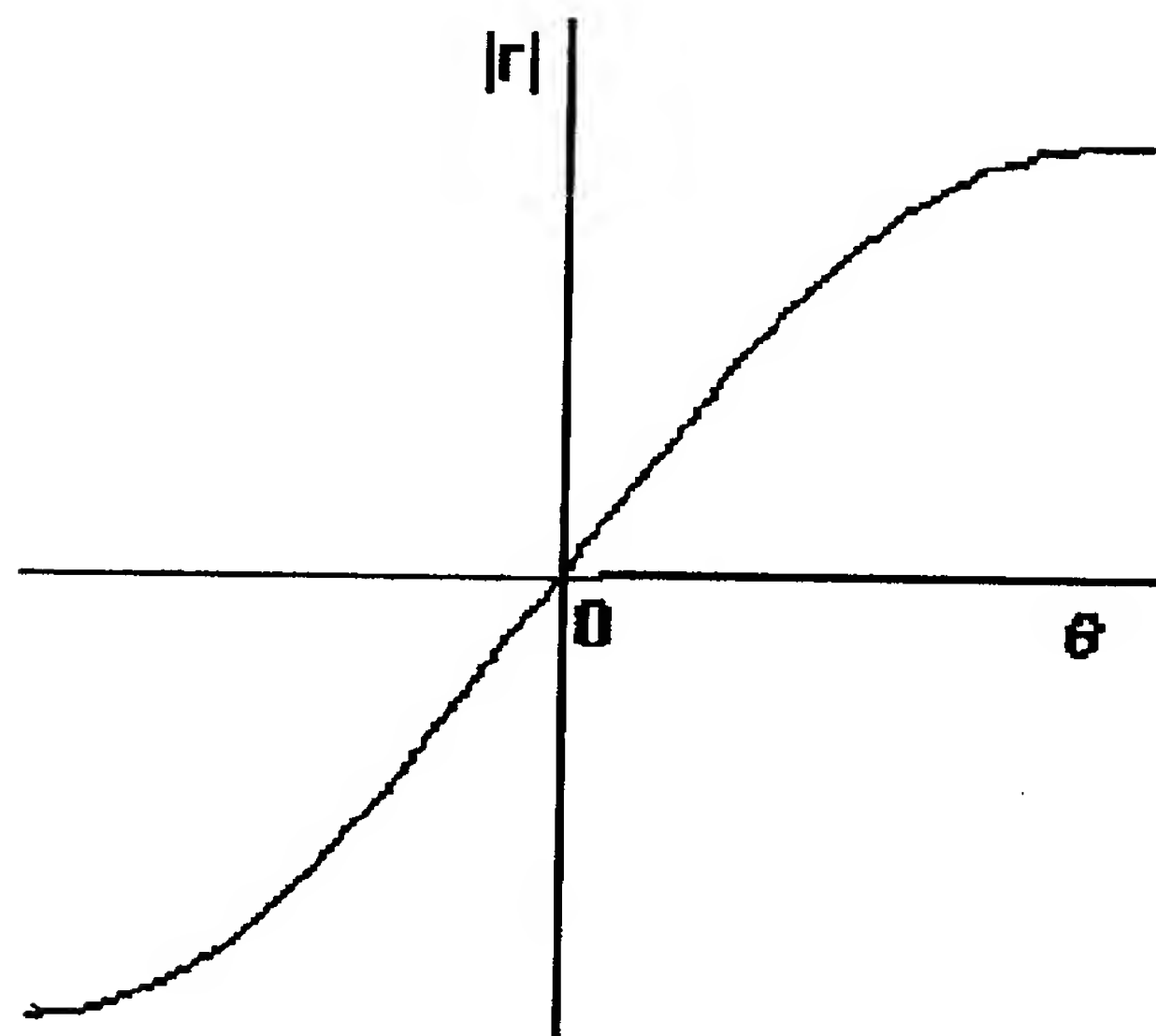
[図20]



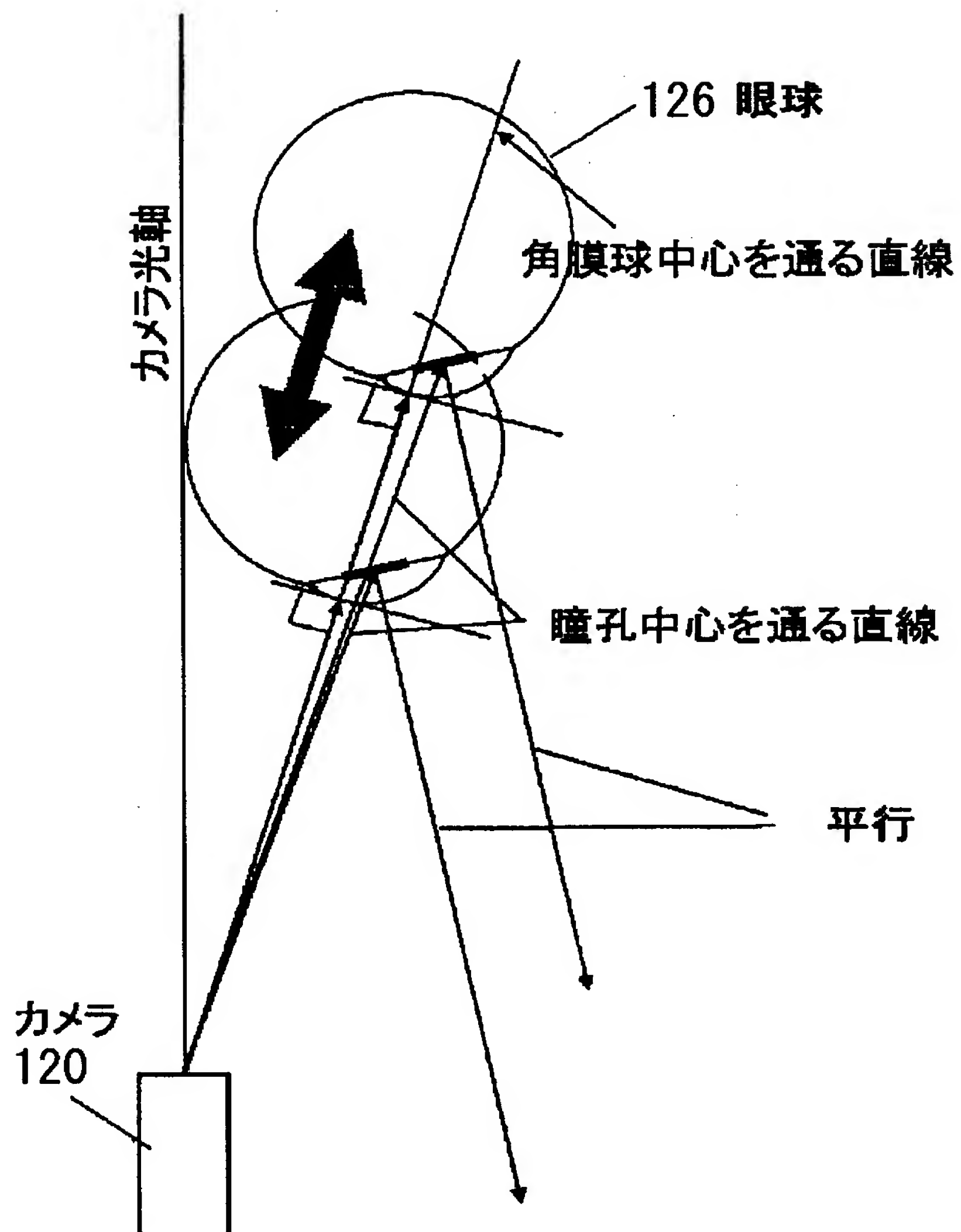
[図23]



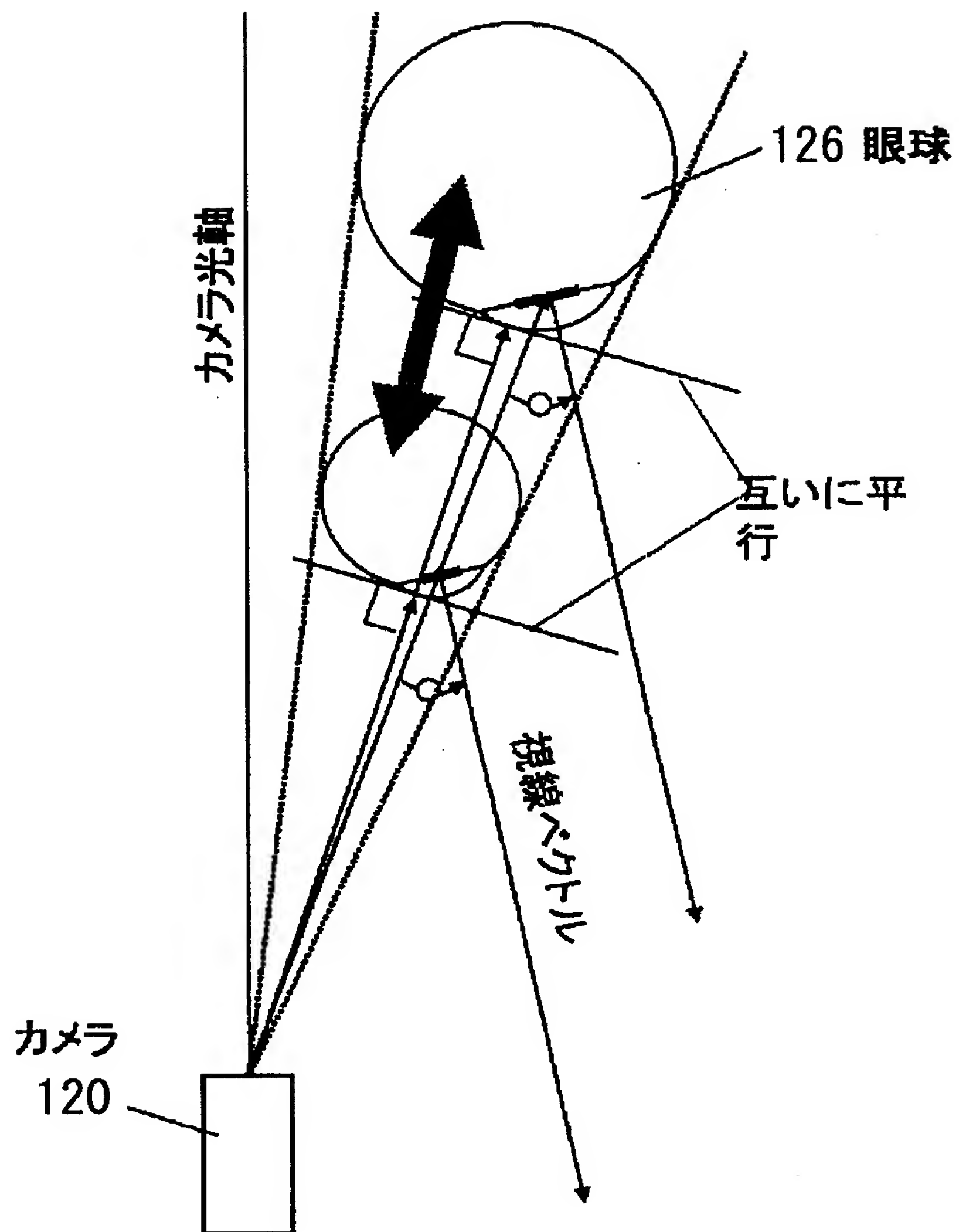
[図24]



[図25]



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/019311

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ A61B3/113

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ A61B3/00-3/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2739331 B2 (ATR Communication Systems Research), 23 January, 1998 (23.01.98), Fig. 1; Claim 1; column 4, lines 17 to 30 (Family: none)	7-10
Y	JP 11-056782 A (Kabushiki Kaisha Techno Works), 02 March, 1999 (02.03.99), Fig. 1; Par. Nos. [0001], [0011], [0023] (Family: none)	7-10
A	JP 2002-102172 A (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), 09 April, 2002 (09.04.02), Full text; all drawings (Family: none)	6-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 April, 2005 (04.04.05)

Date of mailing of the international search report
19 April, 2005 (19.04.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/019311

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 07-079914 A (Canon Inc.), 28 March, 1995 (28.03.95), Full text; all drawings (Family: none)	6-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/019311

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☒ Claims Nos.: 1-5
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
Claims 1 to 5 are relevant to diagnostic methods to be practiced on the human body and thus relate to a subject matter which this International Searching Authority is not required, under the provisions of Article 17(2)(a)(i) of the PCT and Rule 39.1(iv) of the Regulations under the PCT, to search.
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

There is no construction common to the invention of a sight-line detection device described in claim 6 and the inventions of a three-dimensional view-point measurement device described in claims 7-10.

This means that "a first camera" (10 and 11 in Fig. 1) of claim 6 is a device for measuring the position of a pupil (P) and "a second camera" (12 in Fig. 1) is a device for obtaining data of angle ϕ , while on the other hand, both "a first camera" (101 in Fig. 9) and a second camera" (102 in Fig. 9) are devices for extracting a pupil and cornea reflection. The cameras have the same terms but have different contents.

(continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/019311

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

As a result, there is no technical relationship between the invention of claim 6 and the inventions of claims 7-10 involving one or more of the same or corresponding special technical features.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl ⁷ A61B3/113			
B. 調査を行った分野			
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl ⁷ A61B3/00-3/18			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの			
日本国実用新案公報 1922-1996年			
日本国公開実用新案公報 1971-2005年			
日本国登録実用新案公報 1994-2005年			
日本国実用新案登録公報 1996-2005年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
Y	J P 2739331 B2 (株式会社エー・ティ・エル通信システム研究所) 1998.01.23, 第1図、請求項1、第4欄第17~30行 (ファミリー無し)	7~10	
Y	J P 11-056782 A (株式会社テクノワークス) 1999.03.02, 図1、段落1、11、23 (ファミリー無し)	7~10	
A	J P 2002-102172 A (独立行政法人産業技術総合研究所) 2002.04.09, 全文、全図 (ファミリー無し)	6~10	
A	J P 07-079914 A (キヤノン株式会社) 1995.03.28, 全文、全図 (ファミリー無し)	6~10	
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー			
「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの		の日の後に公表された文献	
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの		「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)		「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		「&」 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 2005.04.04		国際調査報告の発送日 19.4.2005	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 小原 博生	2W 8102
		電話番号 03-3581-1101 内線 3290	

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT 17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☒ 請求の範囲 1～5 は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
請求の範囲 1～5 は、人体の診断方法に該当し、PCT 17条(2)(a)(i)及びPCT 規則39.1(iv)の規定により、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT 規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求の範囲6に記載された視線検出装置の発明と請求項7～10に記載された三次元視点計測装置の発明に共通する構成を見いだすことができない。

すなわち、請求の範囲6に記載の「第1のカメラ」(図1の10、11)は瞳孔位置Pを測定するもの、「第2のカメラ」(図1の12)は角度 ϕ のデータを取得するものであるのに対し、請求の範囲7～10に記載の「第1のカメラ」(図9の101)及び「第2のカメラ」(図9の102)はいずれも瞳孔及び角膜反射を抽出するものであって、同じ用語であっても、その内容は異なっている。

したがって、請求の範囲6記載の発明と請求の範囲7～10記載の発明群との間に、同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係があるものとは認められない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。